This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

G
112
.W64
1887

Mathematische und physikalische

Geographie

nebst

Chronologie.

Bearbeitet

von

August
Dr. Wiegand,
Dr. Cornelius und Prof. Dr. v. Schmöger.

Drei Teile.

Erster Teil:

Mathematische Geographie.

Halle,
Druck und Verlag von H. W. Schmidt.
1887.

Grundriſs

der

mathematischen Geographie.

Für höhere Lehranstalten

entworfen

von

Dr. August Wiegand.

Mit eingedruckten Holzschnitten.

Elfte verbesserte Auflage.

Halle,
Druck und Verlag von H. W. Schmidt.
1887.

Vorwort zur elften Auflage.

Der Bearbeiter der vorliegenden elften Auflage der mathematischen Geographie hat versucht, die Brauchbarkeit des *Werkchens* durch Einschaltung von Figuren, Aufgaben und Tafeln, sowie durch Korrektion vieler Einzelnheiten zu erhöhen. Die meisten Abänderungen hat das dritte Kapitel erfahren, in welchem die Koordinatenverwandlung auf der Kugel strikte durchgeführt und damit ein weites und interessantes Gebiet für mannigfache Aufgaben erschlossen ist. Eine Beschreibung und Abbildung von Apparaten wird man nach wie vor nicht finden; hier muſs der Lehrer mit einer *schematischen* Tafelzeichnung eingreifen, welche hinsichtlich des Meridianrohrs, des Theodolithen und des Fernrohrs mit parallaktischer Montierung völlig ausreicht. Eine Axenlibelle, eine Dosenlibelle, desgleichen einen Sextanten und ein Kompensationspendel zum Verständnis des regulären Ganges der Uhren sollte jede physikalische Sammlung enthalten. Für die Schule dürfte die Kenntnis der Instrumente der Alten, namentlich des *Gnomon, Astrolabium* und der *Armillarsphäre* von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein. Am Gnomon sollten die Schüler, wie das meisterhaft von Herrn. *Böttcher* (Zeitschrift für math. und naturw. Unterricht von Hoffmann, XVI, 3) dargelegt ist, selbst beobachten, um die Begriffe: Meridianebene, Mittagslinie, Weltaxe, Polhöhe, tägliche Kreisbahn der Sonne, Schiefe der Ekliptik *empirisch* abzuleiten. Gerade weil dies gemeinhin nicht geschieht, zeigt das Interesse für rechnerische Entwickelungen und graphische Darstellungen keine Andauer; es stützt sich eben alles auf Definitionen, aber keine Erfahrungen, die hier durchaus nötig

388265

und von ewigem Wert sind. Das Astrolabium, welches erst im vorigen Jahrhundert durch den *Hadley*schen Sextanten verdrängt wurde, ist ein nach Graden eingeteiler frei herabhängender Holzring, an welchem ein central angebrachtes Lineal die Höhen oder Zenithabstände der Gestirne abzulesen gestattet. Jeder Tischler dürfte um ein Geringes dieses Instrument hinreichend exakt herstellen. Etwas komplizierter aber auch entbehrlicher ist die Armillarsphäre; dieselbe besteht aus zwei festen aufeinander senkrechten und in Grade eingeteilten Ringen, deren gemeinschaftlicher Durchmesser in die Richtung der Weltaxe gebracht wird und einem um diese Axe drehbaren dritten ebenfalls in Grade eingeteilten Ringe; fällt ein Stern in die Ebene des letzteren Ringes, so erkennt man sogleich die Möglichkeit, Stundenwinkel und Deklination oder Rektascension und Deklination desselben ablesen zu können, je nachdem eine Schnittstelle der festen Ringe im Meridian liegt oder auf den Frühlingspunkt resp. einen Stern von schon bekannter Rektascension hinweist. Die Übersichtlichkeit und leichte Gebrauchsweise dieser Apparate eröffnet das Verständnis und das Interesse für die modernen Präcisionsapparate. Wenn der Tertianer oder Untersekundaner keineswegs systematisch sondern ganz nebenbei namentlich am Gnomon Erfahrungen eingesammelt hat, wird die astronomische Begriffswelt in Prima sich in Fleisch und Blut hüllen. Unter den mathematischen Hilfsmitteln reicht für diese oberste Stufe die Kenntnis des sphärischen Sinus- und Cosinussatzes ganz aus; man darf nur hinzufügen, dafs zur Erlangung logarithmisch bequemer Formeln im allgemeinen anstatt der Funktionen der ganzen Winkel und Winkelsummen die Funktionen der halben Winkel und halben Winkelsummen zu ermitteln sind. Noch ist zu bemerken, dafs als Mafs für die Winkel an mehreren Stellen wiederholt die Bogenlänge für den Radius 1 verwendet ist.

Die Verlagshandlung wird Verbesserungsvorschläge auf das dankbarste annehmen und thunlichst berücksichtigen.

Halle, im März 1887.

Inhalt.

Seite

Erstes Kapitel. Thatsachen der Beobachtung.

I. Auf der Erdoberfläche 1
II. Am Himmelsgewölbe 2

Zweites Kapitel. Die Kugelgestalt der Erde. 6

Drittes Kapitel. Astronomische Einteilung der Erd- und Himmelskugel.

I. Ortsbestimmung durch Höhe und Azimuth 8
II. Ortsbestimmung durch Polarkoordinaten und Deklination und Rektascension 12
III. Ortsbestimmung durch Länge und Breite 15
IV. Ortsbestimmung auf der Erde 16
V. Koordinatenverwandlung 20

Viertes Kapitel. Von der Gröfse und Gestalt der Erde und ihrer Axendrehung.

I. Bestimmung der Gröfse und Gestalt der Erde 24
II. Gründe für die Rotation der Erde 29

Fünftes Kapitel. Von der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne.

I. Gründe für die Annahme derselben 33
II. Ist die Erdbahn ein Kreis? 36
III. Keplersche Gesetze 39
IV. Präcession und Nutation 43

Sechstes Kapitel. Folgerungen aus der jährlichen Bewegung der Erde.

I. Zeiteinteilung 45
II. Hauptstationen der Erde in der Ekliptik 49
III. Beleuchtung der Erde in ihren verschiedenen Stationen durch die Sonne 50
IV. Dauer des Tages unter den verschiedenen Zonen 51

Seite

V. Dauer der Dämmerung 53
VI. Jahreszeiten unter verschiedenen Zonen 55

Siebentes Kapitel. Der Mond in seinem Verhältnis zur Erde und Sonne.

I. Bewegung desselben um die Erde und mit dieser um die Sonne 56
II. Lichtgestalten des Mondes (Mondphasen). Axendrehung . . . 58
III. Mond- und Sonnenfinsternis 61
IV. Vom Monde abhängige Zeitbestimmungen 63

Achtes Kapitel. Entfernung der Himmelskörper.

I. Bestimmung der Entfernung des Mondes 67
II. Bestimmung der Horizontalparallaxe der Sonne 69
III. Jährliche Parallaxe der Fixsterne 72
IV. Strahlenbrechung (Refraktion) 73

Neuntes Kapitel. Natürliche Beschaffenheit der Himmelskörper.

I. Die Sonne 76
II. Der Merkur 81
III. Die Venus 82
IV. Der Mars 84
V. Die Gruppe der Planetoiden oder Asteroiden 85
VI. Der Jupiter 89
VII. Der Saturn 87
VIII. Der Uranus 88
IX. Der Neptun 90
X. Der Mond 90
XI. Die Kometen 93
XII. Die Sternschnuppen und Meteore 95
XIII. Die Fixsterne 98

Zehntes Kapitel. Von der Abbildung der Erdoberfläche. 99

Aufgaben 103

Mathemathische Geographie.

Aufgabe derselben.

Die *mathematische Geographie* hat die Aufgabe, die Gestalt und Gröfse der Erde, die Art und die Gesetze ihrer Bewegung und ihr Verhältnis als Weltkörper zu anderen Weltkörpern zu untersuchen.

Erstes Kapitel.

Thatsachen der Beobachtung.

I. Auf der Erdoberfläche.

1) Dem Beobachter auf einem freien Standpunkte scheint die Erdoberfläche durch das darauf ruhende Himmelsgewölbe begrenzt zu sein. Das letzere scheint ihm Kugelform zu besitzen.

2) Die Begrenzung, welche der *natürliche Horizont* (*ὁ ὁρίζων*, *Kimm* oder der *Gesichtskreis*) genannt wird, erscheint ihm bei ungehindertem Ausblick als Umfang eines Kreises, dessen Fläche der sichtbare Teil der Erdoberfläche (die *Horizontalfläche*) ist, und in dessen Mittelpunkte er steht.

Die Horizontalfläche läfst sich für denselben Standpunkt durch Anwendung von Fernröhren über eine bestimmte Grenze hinaus nicht erweitern.

Für gleich hohe Beobachtungspunkte ist im allgemeinen der Meereshorizont der vollkommenste, freieste.

Erhöht der Beobachter seinen Standpunkt, so wird der Horizont weiter. (Luftschiffer).

3) Gegenstände, die sich vom Beobachter entfernen (absegelnde Schiffe und dergleichen), entschwinden allmählich dessen Blicken,

die unteren (der Erde näheren) Teile zuerst, die oberen letzt, — sie tauchen am Rande des Horizonts unter. Bei kommenden Gegenständen findet die entgegengesetzte Erscheinung statt.

4) Für die verschiedenen Beobachtungspunkte auf der Erdoberfläche bleiben alle genannten Erscheinungen im allgemein dieselben.

5) Entfernt sich der Beobachter von seinem Standpunkte auf der Erdoberfläche, so wird sein Gesichtskreis ein anderer. Neue Gegenstände tauchen auf, andere seither gesehene tauchen unter.

(Der Pic auf Teneriffa, c. $\frac{1}{2}$ Meile hoch, bleibt nur bis zu einer Entfernung von 29 Meilen sichtbar).

6) Wenn man in einer und derselben Richtung (zu Land und zu Wasser) fortreist, so kommt man auf den Ausgangspunkt zurück.

7) Ein Faden, an dem ein Körper frei aufgehängt ist, zeigt unveränderlich dieselbe Richtung, von welcher Gröfse, Form oder Substanz der Körper auch sei. Diese mit dem Beobachtungsorte allein sich ändernde Richtung heifst die vertikale. Das Himmelsgewölbe wird von der gehörig erweiterten Vertikallinie scheinbar in zwei Punkten getroffen; der über dem Beobachter liegende, sichtbare heifst das *Zenith*, der andere unsichtbare das *Nadir*. Jede durch die Vertikallinie gehende Ebene heifst *Vertikalebene*.

II. Am Himmelsgewölbe.

A. Die Sonne.

1) Die Sonne erhebt sich am Morgen jedes Tages in einer bestimmten Gegend des Horizonts, der sogenannten *Ostgegend*, über denselben, steigt in einem Bogen immer höher und höher, erreicht um Mittag ihre gröfste Höhe, — die Gegend, in der sie zu dieser Zeit steht, heifst die *Südgegend*, — senkt sich dann wieder nach der Erde und verschwindet am Abend in der sogenannten *Westgegend* unter dem Horizonte. Die der Südgegend diametral entgegengesetzte Gegend des Horizonts wird die *Nordgegend* genannt.

2) Die Zeitdauer von einem Sonnenaufgange bis zum nächsten ist, von später zu erörternden Abweichungen abgesehen, eine

stunde und heißt ein *Tag*. Der 24ste Teil desselben heißt eine *Stunde*.

Die Regelmäßigkeit in der Wiederkehr des Aufganges der Sonne macht es scheinlich, daß die Sonne während der Nacht unter dem Horizonte ebenso Bogen am Himmelsgewölbe beschreibt wie am Tage. (Tag- und Nacht-

Die Sonne geht nicht immer in demselben Punkte der Ostgegend auf und ebenso nicht immer in demselben Punkte der Westgegend unter, wohl aber erreicht sie an jedem Tage in einem bestimmten Augenblick, *Mittag* genannt, ihre größte Höhe. Die alsdann durch den Mittelpunkt der Sonne gelegte Vertikalebene schneidet den Horizont in der *Nordsüd-* oder *Mittagslinie*. Der *Südpunkt* ist für einen Bewohner Europas derjenige, welcher der Sonne scheinbar näher liegt. Der *Nordpunkt* ist der andere Endpunkt der Nordsüdlinie. Die auf der Nordsüdlinie senkrechte Gerade bestimmt den *Ost-* und *Westpunkt*. Diese 4 Punkte heißen die *Kardinalpunkte* des Horizonts. (Windrose.)

Gleiche Schattenlänge eines senkrechten Stifts auf einer Horizontalfläche, gleiche Zeit vor und nach Mittag. Kürzester Schatten um Mittag, Bestimmung der *Mittagslinie* mittels des Gnomon (γνώμων) durch Markierung gleicher Schattenlängen und Halbierung des von ihnen eingeschlossenen Winkels. Warum beschreibt das Ende des Schattens auf der Horizontalebene eine Hyperbel?

4) Die Sonne geht des Jahres zweimal in einem und demselben Punkte der Ostgegend auf und ebenso in der Westgegend unter. Etwa am 21. März und 23. September geht sie im Ostpunkte selbst auf und im Westpunkte unter.

5) Vom 21. März an geht die Sonne täglich immer mehr nördlich vom Ostpunkte auf und ebenso nördlich vom Westpunkte unter, und zwar bezüglich immer in gleichen Abständen von den genannten Punkten. Nördliche *Morgen-* und *Abendweite*. Am 21. (22.) Juni sind diese Abstände am größten und nehmen dann wieder ab bis zum 23. September. Von diesem Tage an sind die Morgen- und Abendweiten südlich, nehmen zu bis zum 21. (22.) Dezember und dann wieder ab bis zum 21. März, und so fort.

6) Die Tagbogen der Sonne bilden mit dem Horizonte eines bestimmten Ortes immer dieselben Winkel. *Die Tagbogen sind also parallel.*

7) Die Gröfse der Tagbogen ist verschieden, doch durchläuft die Sonne in gleichen Zeiten gleichviel Grade derselben. Am 21. März und 23. September betragen die Tagbogen gerade 180°. Vom 21. März an wachsen sie mit der nördlichen Morgen- und Abendweite und erreichen mit dieser ihre gröfste Länge, nehmen hierauf wieder ab bis zur Zeit der gröfsten südlichen Morgen- resp. Abendweite, wo sie dann wieder zunehmen, wenn jene abnimmt.

8) Die Mittagshöhe der Sonne, d. h. ihr höchster Stand am Himmel, richtet sich ganz nach der Länge ihres Tagbogens; sie ist also am 21. (22.) Juni am gröfsten und am 21. (22.) Dezember am kleinsten. Der höchste Stand des Mittelpunkts der Sonne an jedem Tage heifst ihr *Kulminationspunkt*, und man sagt, sie *kulminiere*, wenn sie diesen erreicht.

B. Die Fixsterne.

1) Ähnliche Erscheinungen wie die Sonne am Tage zeigen die Gestirne während der Nacht. Sie tauchen ebenfalls in der Ostgegend auf und beschreiben Kreisbogen am Himmelsgewölbe bis zum entgegengesetzten Rande des Horizonts, hinter welchem sie verschwinden. *Tag-* und *Nachtbogen* der Gestirne.

2) Die Zeitdauer von einem Sternenaufgange bis zum andern ist eine bestimmte.

3) Der Ort des Aufgangs in der Ostgegend, sowie des Untergangs in der Westgegend bleibt für jeden Fixstern unverändert. Hieraus erkennt man zugleich, dafs die Sonne aufser der den übrigen Gestirnen eigentümlichen Bewegung noch eine zweite davon verschiedene haben müsse.

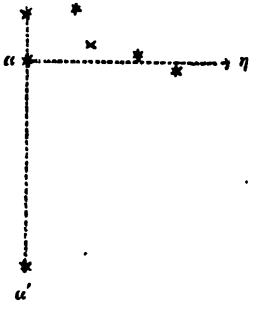
4) Die Sterne, welche südlich vom Ostpunkte aufgehen, beschreiben Tagbogen, welche kleiner sind als 180° und bei zunehmender Entfernung vom Ostpunkte immer noch kleiner werden. Die Tagbogen der nördlichen Gestirne hingegen sind gröfser als 180° und nehmen mit der Entfernung vom Ostpunkte zu.

5) Ein Stern, der gerade im Ostpunkte aufgeht, hat einen Tagbogen von genau 180°. Die Bahn, welche ein solcher Stern

beschreibt, heifst der *Äquator*. Gleichweit vom Äquator entfernte Sterne beschreiben gleich grofse Kreisbahnen (Tagbogen und Nachtbogen nämlich zusammengerechnet).

6) *Die Bogen, welche die Gestirne beschreiben, sind sämtlich parallel und haben eine gemeinschaftliche Drehungsaxe, die sogenannte Weltaxe.* Der nördliche Endpunkt derselben am Himmelsgewölbe heifst der *Nordpol*, der entgegengesetzte der *Südpol*. (πολεῖν umdrehen.) *Die Bewegung selbst ist eine völlig gleichförmige.*

Fig. 1.



7) Ganz in der Nähe des Nordpols befindet sich ein Stern, der *Polarstern*, bei welchem man nahezu gar keine Bewegung wahrnehmen kann.

Den Polarstern (α') kann man mit Hülfe des grofsen Bären sehr leicht auffinden; er hat nämlich gegen diesen eine solche Lage, dafs $\alpha\eta = \alpha\alpha'$ ist.*)

8) In der Nähe des Nordpols befindet sich eine Menge Sterne, die weder auf noch untergehen, sondern sich in vollständigen Kreisen über dem Horizonte um die Weltaxe drehen (*Circumpolarsterne*).

9) Trotz der Bewegung der Gestirne bleibt doch ihre gegenseitige Entfernung eine unveränderte und es scheint deshalb, als ob sie an das um die Weltaxe sich gleichförmig drehende Himmelsgewölbe befestigt seien. Daher der Name *Fixsterne*. Indem ferner der Abstand zweier bestimmter Fixsterne von den verschiedensten Punkten der Erde unter gleichem Winkel erscheint, müssen wir einerseits die Erde gegenüber den Entfernungen der Fixsterne als verschwindend klein ansehen, andererseits können wir jeden Punkt der Erde als Mittelpunkt der Himmelssphäre ansehen.

10) Einige, verhältnismäfsig wenige Gestirne haben eine scheinbar regellose Bahn: die *Planeten* mit ihren *Monden* (*Trabanten*) und die *Kometen*.

---

*) Die Bezeichnung der Sterne durch griechische und lateinische Buchstaben rührt von Bayer aus Augsburg (1603) her.

11) Je weiter wir nach Osten gehen, desto früher gehen die Gestirne auf und unter. Gehen wir nach Westen, so ist es umgekehrt. Eine nach einem westlicher liegenden Orte gebrachte Uhr geht zu früh und umgekehrt. Wer nach Osten reist, dem verkürzt sich der Tag und umgekehrt. Gelangt er, immer in östlicher Richtung fortreisend, wieder zu seinem Ausgangspunkte, so hat er gerade einen vollen Tag gewonnen, d. h., er wird gegen die Zeitrechnung am Ausgangspunkte einen Tag voraus sein. Bei einer Reise nach Westen wird gerade das Umgekehrte eintreten.

12) Reisen wir nach Süden, so tauchen vorher nicht sichtbar gewesene Gestirne auf, andere verschwinden im Norden. Bei einer Reise nach Norden findet das Umgekehrte statt.

Zweites Kapitel.

Die Kugelgestalt der Erde.

Für die Kugelgestalt der Erde sprechen:

1) *Der stets kreisförmig erscheinende Horizont und die auf dem Meere mittelst Fernröhren deutlich wahrnehmbare Depression desselben.* (Vergl. 3. Kap. I, 7) Die letztere zeigt, dafs wir in Wirklichkeit nicht eine ebene Scheibe, sondern eine Kalotte eines mehr oder minder kugelähnlichen Körpers überblicken.

Die alten Griechen hielten die Erde für eine Scheibe, umflossen vom Okeanos-Strom. Die scharfe Begrenzung des Horizonts spricht schon dagegen. Wenn ferner die Kreisform desselben nur daher rührte, dafs unser Auge nach allen Richtungen gleichweit sieht, so müfste dieselbe wenigstens nahe den Rändern einer Scheibe oder dgl. aufhören und aufserdem müfste sich der Horizont mittels Fernröhren entsprechend erweitern lassen.

2) *Die Erweiterung des Gesichtskreises bei Erhöhung des Standpunktes.* Die Bergspitzen sind zuerst erleuchtet und zwar die östlicher gelegenen früher als die westlicher liegenden.

3) *Das allmähliche Verschwinden sich entfernender Gegenstände.* Dafs die Spitzen der Masten am längsten sichtbar bleiben, spricht

unzweifelhaft für eine kugelähnlich gewölbte Gestalt der Erde. Wäre die Erde eben, so müfste vielmehr der untere Teil eines Schiffes am längsten sichtbar bleiben, weil sich die Weite des deutlichen Sehens nach der Gröfse des Gesichtswinkels richtet. Ebenso werden Sonnen- und Mondfinsternis, wenn überhaupt, nicht gleichzeitig von den verschiedenen Punkten der Erdoberfläche wahrgenommen.

4) *Der frühere Auf- und Untergang der Gestirne, wenn wir nach Osten, und die entgegengesetzte Erscheinung, wenn wir nach Westen reisen.*

5) *Das Verschwinden südlicher Gestirne bei einer Reise nach Norden und die umgekehrte Erscheinung bei einer Reise nach Süden.*

6) *Die wirklich ausgeführten Erdumsegelungen.*

7) *Die Morgen- und Abenddämmerungen.* Die Dauer der Dämmerung ist nicht für alle Orte der Erdoberfläche dieselbe und müfste übrigens bei ebener Gestalt der Erde nahezu fehlen.

8) *Die Analogie anderer Weltkörper.* Wenn die vorstehenden Gründe wenigstens unzweifelhaft machen, dafs die Erde ein frei im Weltenraume schwebender Körper ist, so läfst sich zur genaueren Bestimmung der Gestalt derselben ein Wahrscheinlichkeitsschlufs aus der Beobachtung anderer Weltkörper ziehen. Alle diejenigen Gestirne aber, welche mit bloßen Augen oder durch Fernröhre gesehen eine bestimmte Form wahrnehmen lassen (Sonne, Planeten, Monde), besitzen die Kugelgestalt, denn sie erscheinen auch bei der an Flecken auf der Oberfläche erkennbaren Rotation stets als kreisrunde Scheiben. (Die Sichelform des Mondes und der Planeten Merkur und Venus bei der wechselnden Beleuchtung durch die Sonne beweist ebenfalls die Kugelgestalt).

9) *Der kreisförmige Erdschatten auf dem Monde bei Mondfinsternissen.* Nur bei [illegible] unter allen Umständen [illegible] auf dem Monde kein [illegible] desselben.)

10) *Bogenmessungen auf der Erde.* Das [illegible]

Punkten der Erde ergab im allgemeinen immer Bogen von gleicher Anzahl Grade (s. 4. Kap. I, 2).

11) *Das Gesetz der Attraktion materieller Teilchen.* Die Schichtungen der Erde, die mit der Tiefe zunehmende Temperatur des Erdinnern und ähnliche geologische Thatsachen haben zu der Annahme geführt, dafs sich die Erde einst in einem feurig-flüssigen oder doch in einem weniger konsistenten Zustande befunden habe. Die Attraktion der einzelnen Teilchen mufste nun die Kugelgestalt bewirken, da die Kugel derjenige Körper ist, der bei gegebenem Inhalt die kleinstmögliche Oberfläche hat.

Schlufsbemerkung. Die vorstehend angeführten Gründe für die Annahme der Kugelgestalt der Erde sind freilich keine mathematisch sicheren Beweise derselben. Zum Teil zeigen sie nur, dafs die Erde keine flache Scheibe, sondern ein frei im Weltenraum schwebender Körper ist, und sie bestimmen die Gestalt derselben vielfach nur ungefähr als eine rundliche, mehr oder minder kugelähnliche, oder geben für die Kugelgestalt nur eine Wahrscheinlichkeit. Am besten begründet ist dieselbe durch 1) und 10), doch kann eine genauere Ausführung des besonders wichtigen 10. Beweises erst später gegeben werden. Eben die hier erwähnten Gradmessungen haben gezeigt, dafs die Erde in der That keine genau mathematische Kugel, sondern nur von kugelähnlicher (nämlich ellipsoidischer) Gestalt, ein sogenanntes Sphäroid, ist. Die auf der Erde sich vorfindenden Berge haben übrigens auf die Gestalt eben so wenig Einflufs, als ein auf einer Kugel von einem Meter Durchmesser liegendes Sandkörnchen diesem die Kugelgestalt benimmt. Der schon von den Alten aufgestellte Satz über die Kugelgestalt der Erde ging in den ersten christlichen Jahrhunderten fast wiederum verloren; zu allgemeiner Gewifsheit wurde derselbe erst im XV. Jahrhundert, dem Zeitalter des *Kopernikus* und der grofsen Seefahrer.

Drittes Kapitel.

Astronomische Einteilung der Erd- und Himmelskugel.

I. Ortsbestimmung durch Höhe und Azimuth.

1) Gehen wir jetzt von der Voraussetzung aus, dafs die Erde eine wirkliche Kugel sei und betrachten wir auch das Himmelsgewölbe dem Anscheine gemäfs als die innere Seite einer Kugel-

oberfläche, die mit der Erdkugel konzentrisch ist, so schneidet jede Ebene, welche man durch die Erde gelegt denkt, die Erde sowohl, als die Himmelskugel in einem Kreise, welcher für beide Kugeln ein gröfster oder ein kleinerer ist, je nachdem die schneidende Ebene durch den gemeinschaftlichen Mittelpunkt beider Kugeln geht oder nicht.

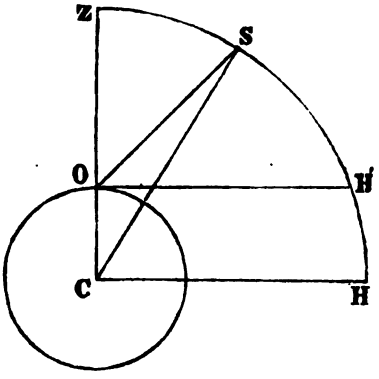
2) Da die Gestirne von jedem Punkte der Erdoberfläche nicht blofs in unveränderter Helligkeit, sondern auch in stets unveränderter Stellung erscheinen, so läfst sich, wie im ersten Kap. daraus schliefsen, dafs alle terrestrischen Entfernungen gegen die Entfernung der Gestirne gar nicht inbetracht kommen und wir können deshalb in der Mehrzahl der Fälle auch jeden Punkt auf der Erdoberfläche als Centrum der Himmelskugel ansehen.

3) Für jeden Punkt der idealen, d. h. kugelförmigen, Erdoberfläche heifst die Tangentialebene der *scheinbare Horizont* (kurzweg Horizont) jenes Ortes; die Normale auf dem Horizont giebt die Vertikalrichtung an. Die Treffpunkte der Vertikalen mit dem Himmelsgewölbe sind das *Zenith* und *Nadir*. Die dem scheinbaren Horizont parallel gedachte, durch den Mittelpunkt der Erd- und Himmelskugel gehende Ebene heifst der *wahre Horizont*. Für die Fixsterne sind beide um den Erdradius abstehende Horizonte als zusammenfallend zu betrachten, weil gegen die unermefsliche Entfernung derselben jener Abstand nicht inbetracht kommt. Jeder Parallelkreis zum Horizont heifst *Höhenkreis* oder *Almukantharat;* dieselben haben alle Zenith und Nadir zu ihren Polen.

4) Jeder durch die Scheitellinie eines Punkts gelegte und also auf dem Horizonte desselben senkrechte halbe gröfste Kreis heifst ein *Scheitelkreis* oder *Vertikalkreis*.

5) Der sphärische Abstand eines Sterns vom Horizonte heifst die *Höhe* des Gestirns. (*Wahre Höhe, scheinbare Höhe;* für die Fixsterne gleichgültig. *Positive, negative Höhe.*) Der Bogen auf dem Vertikalkreise vom Sterne bis zum Zenith heifst dessen *Zenithdistanz* (*Zenithabstand;* er schwankt zwischen 0° und 180°).

Fig. 2.



Ist S (Fig. 2) der Stern, so ist ZOS die scheinbare, ZCS die wahre Zenithdistanz, SOH' die scheinbare, SCH die wahre Höhe. *Höhe + Zenithdistanz* = 90°.

Anmerk. Genauer als pag. 3 Nr 3 findet man die Mittagslinie, wenn man vermöge eines Fernrohres mit Fadenkreuz und Gradteilung einen Stern in gleichen Höhen beobachtet und die Halbierungslinie beider Richtungen aufsucht u. s. w.

6) Der durch die Drehungsaxe der Erde gehende Vertikalkreis heifst der *Meridian* des Beobachtungsortes. Der Winkel, welchen der durch ein Gestirn gehende Vertikalkreis mit dem Meridian macht, heifst das *Azimuth* des Gestirns; dasselbe wird durch seinen Neigungswinkel auf dem Horizonte gemessen, indem man den Südpunkt zum Nullpunkt wählt und die Azimuthe vom Zenith aus gesehen im Drehungssinne eines Uhrzeigers positiv von 0° bis 360° zählt.

Durch Höhe und Azimuth ist für einen bestimmten Ort und eine bestimmte Zeit die Lage eines Gestirns am scheinbaren Himmelsgewölbe völlig bestimmt. Jene beiden Gröfsen heifsen die sphärischen Koordinaten des Gestirns bezogen auf den Horizont.

7) Der Winkel, den die Gesichtslinie OS (Fig. 2) mit der Verbindungslinie CS des Gestirns und des Erdmittelpunktes macht, heifst die *Höhenparallaxe* des Gestirns. (Die Parallaxe ergänzt die wahre Zenithdistanz zur scheinbaren.) OSC = Parallaxe. Fixsterne zeigen keine Parallaxe. Ist $z' = ZOS$ die scheinbare, $z = ZCS$ die wahre Zenithdistanz, $p = OSC$ die Parallaxe, $d = CS$ der geozentrische Abstand des Gestirns, so hat man nach dem Sinussatze im Dreieck OCS:

$$\sin p = \frac{r}{d} . \sin z' .$$

Befindet sich S im scheinbaren Horizonte, so ist $s' = 90°$, und wir haben

$$\sin P = \frac{r}{d}.$$

wo P die Parallaxe für diesen Fall oder die sogenannte *Horizontalparallaxe* bezeichnet. Setzen wir diesen Wert oben ein, so haben wir

$$\sin p = \sin P . \sin s'.$$

Da die Parallaxen sehr kleine Winkel sind, so darf man

$$p = P . \sin s'$$

also

$$s = s' - P \sin s'$$

setzen. Es geht hieraus hervor, dafs man, um die wahre Zenithdistanz und die Höhenparallaxe zu finden, nur die scheinbare Zenithdistanz und die Horizontalparallaxe zu messen braucht.

Das Auge eines Beobachters auf der Erdoberfläche überzieht von derselben eine Kalotte, welche begrenzt wird durch die Kreislinie, welche der Ort der Berührungspunkte der vom Auge nach der Erde gezogenen Tangenten ist

a) Ist h die Höhe des Auges über der Erdoberfläche, r (= 6370283 m) der Erdradius und bezeichnet k den Flächeninhalt der Kalotte, so ist

$$k = \frac{2r^2 h\pi}{r+h}.$$

b) Bezeichnet t die vom Auge nach der Erde gezogene Tangente oder die Gesichtsweite, so ist:

$$t = \sqrt{h(h+2r)}.$$

Aufgabe. In welcher Entfernung kann man das Leuchtfeuer von Helgoland, welches 81,6 m über dem Meeresspiegel sich befindet, erblicken, wenn das Auge 4 m Seehöhe hat? [37,1 km].

Gesichtsweiten einiger Gebryshöhen.

	Höhe in Metern.	Kilometer.		Höhe in Metern	Kilometer.
Montblanc	4810	241	Brocken	1141	118
Ortler	3905	223	Schneekoppe	1604	140
Jungfrau	4167	230	Pic von Teneriffa	3700	217
Rigi	1800	157	Chimborazo	6700	292
Schneeberg (im Fichtelgebirge)	914	108	Gaurisankar	8800	335
Inselberg (Thüringen)	914	108	Kilimandscharo	5700	270

Vom Gaurisankar überblickt man etwa den 1500. Teil der gesamten Erdoberfläche. Vermöge der Strahlenbrechung wird jede dieser Aussichtsweiten noch um $\frac{1}{15}$ ihres Betrages erhöht.

c) Der Neigungswinkel einer Tangente vom Auge nach der Erde gegen die durchs Auge gelegte Horizontalebene heifst die *Depression* des natürlichen Horizonts oder die *Kimmtiefe. Die Depression wird gemessen durch den sphärischen Radius der vom Auge überschauten Kugelkalotte oder, was dasselbe ist, vom Halbmesser des Gesichtskreises.*

Ist r der Erdradius, ϱ die Depression, h die Höhe des Auges, so ist:

$$\cos\varrho = \frac{r}{r+h},\quad \sin\tfrac{1}{2}\varrho = \tfrac{1}{2}\sqrt{\frac{2h}{r+h}},$$

und da ϱ sehr klein ist, so kann man den Bogen $\frac{1}{2}\varrho$ seinem Sinus gleich setzen und erhält dadurch

$$\varrho = \sqrt{\frac{2h}{r+h}} \text{ in Teilen des Erdradius.}$$

II. Ortsbestimmung durch Polarkoordinaten und Deklination und Rektascension.

1) Wir haben schon im ersten Kapitel den Äquator (pag. 5) kennen gelernt. Jetzt können wir ihn als denjenigen gröfsten Kreis bezeichnen, welcher auf der Weltaxe senkrecht steht. (*Erd-* und *Himmelsäquator. Nördliche* und *südliche Erd-* und *Himmels-Hemisphäre.* Der gröfste Kreis, welcher durch den nördlichsten Stern (δ) im Gürtel des Orion geht und einen Winkel von 45° mit dem Gürtel macht, ist nahezu der Äquator.)

2) Wir lernten auch bereits den Ost- und Westpunkt kennen. Jetzt können wir diese bezeichnen als die Durchschnitte des Horizonts mit dem Äquator.

3) Dafs die Sonne aufser der allen Gestirnen eigentümlichen Bewegung um die Weltaxe noch eine andere haben müsse, wurde ebenfalls schon im ersten Kapitel klar. Die ihr eigentümliche Bahn heifst die *Ekliptik.* (ὁ ἐκλειπτικὸς κύκλος).

4) In Verbindung mit dem Früheren können wir jetzt den Schlufs ziehen, dafs die Sonne sich am 21. März und am 23. September im Äquator, sonst aber aufserhalb desselben befindet. Die Durchschnittspunkte der Ekliptik mit dem Äquator heifsen *Äquinoktial-* oder *Nachtgleichenpunkte* (*Frühlingspunkt, Herbstpunkt.* Verlängert man den Bogen β *Cassiopejae* und α *Andromedae* um sich selbst, so trifft man nahezu den Frühlingspunkt).

5) Es wird sich später ergeben, dafs die Ekliptik eine ebene Kurve ist. Der Winkel dieser Ebene mit dem Äquator heifst

die *Schiefe der Ekliptik.* Dieselbe beträgt ziemlich genau $23\frac{1}{2}°$. Wegen der Anziehung des Mondes, der Sonne und der Planeten (fünftes Kapitel, Abschn. IV.) bleibt dieselbe nicht ganz konstant. So war beispielsweise ihr Durchschnittswert 1880 nach le Verrier 23° 27′ 17,55″; die jährliche Änderung beträgt gegenwärtig — 0,476″, bis das Minimum von 21° 59′ erreicht ist; das Maximum ist 24° 36′.

6) Die beiden Punkte der Ekliptik, in denen die Sonne die gröfste Entfernung vom Äquator hat und die um 90° von den Nachtgleichenpunkten abstehen, heifsen die *Sonnenwendepunkte* oder *Solstitialpunkte* (*Sommer-* und *Wintersolstitium*). Wir können jetzt aus dem Früheren den Schlufs ziehen, dafs sich die Sonne am 21. (22.) Juni und am 21. (22.) Dezember in den Solstitialpunkten befindet.

7) Die *Äequinoktial-* und *Solstitialpunkte* sind die vier Kardinalpunkte der Ekliptik und teilen dieselbe in vier gleiche Teile. Teilt man jeden dieser vier Bogen wieder in drei gleiche Teile, so erhält man die sogenannten zwölf *himmlischen Zeichen*, die nach den Sternbildern, die früher (vor etwa 2200 Jahren) darin standen benannt werden.*) Vom Frühlingspunkte aus gerechnet haben wir die sechs nördlichen: *Widder* (♈), *Stier* (♉), *Zwillinge* (♊), *Krebs* (♋), *Löwe* (♌), *Jungfrau* (♍); und in derselben Richtung die sechs südlichen: *Wage* (♎), *Scorpion* (♏), *Schütze* (♐), *Steinbock* (♑), *Wassermann* (♒), *Fische* (♓). Die genannten Sternbilder bilden den sogenannten *Tierkreis, Zodiakus.* Das Sternbild und die denselben Namen führende Abteilung von 30° der Ekliptik decken sich nicht, sondern sind etwa um ein volles Zeichen gegeneinander verschoben. (Den Grund für diesen veränderten Stand der Äquinoktien gegen die himmlischen Zeichen werden wir später erfahren.)

8) Der durch die Nachtgleichenpunkte und die Pole gehende gröfste Kreis heifst der *Kolur* der *Nachtgleichen*, der durch die Sonnenwendepunkte und die Pole gehende dagegen der *Kolur* der *Sonnenwenden.*

*) Um diese Sternbilder in der angegebenen Ordnung besser behalten zu können, hat man sie in folgende Verse gebracht:

Sunt, Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

9) Die dem Äquator parallelen kleineren Kreise heifsen *Parallelkreise.*

10) Die durch die Sonnenwendepunkte gehenden Parallelkreise heifsen *Wendekreise des Himmels* (κύκλοι τροπικοί), und zwar der nördliche: *Wendekreis des Krebses,* der südliche: *Wendekreis des Steinbocks.*

11) Alle Halbkreise, welche die Weltaxe zum gemeinschaftschaftlichen Durchmesser haben, heifsen *Deklinationskreise.*

12) Der durch das Zenith eines Standpunktes gehende Deklinationskreis heifst der *Meridian* (*Himmelsmeridian*) des Orts. Wir begreifen leicht, dafs der Meridian den Horizont in der Mittagslinie schneidet, ferner, dafs die Gestirne beim Eintritt in den Meridian ihre gröfste und kleinste Höhe erreichen oder *kulminieren.* (*Obere, untere Kulmination*). Die Deklinationskreise nach ♈ und ♎ bilden den *Kolur* der Nachtgleichen diejenigen nach den Solstitien den *Kolur* der Solstitien.

13) Der Neigungswinkel eines durch einen Stern gehenden Deklinationskreises gegen den Meridian heifst der *Stundenwinkel* des Gestirns; derselbe wird vom Meridian aus nach Westen zu positiv und von 0° bis 360° gezählt.

Die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden oberen Kulminationen ist für jeden Fixstern dieselbe, wird ein *Sterntag* genannt und in 24 gleiche Teile oder *Stunden* geteilt. Die Stunde hat 60 *Minuten*, die Minute 60 *Sekunden.* Die Reduktionszahl für den Stundenwinkel in Zeit und umgekehrt ist 15, weil auf den vollen Umlauf von 360 Grad 24 Stunden kommen. Beispielsweise sind 38° 15′ 1,8″ aequivalent mit $2^h\,33^m\,0{,}12^s$.

Diese völlig *gleichförmige* Bewegung der Fixsterne liegt allen Zeitmessungen zugrunde und dient zur gelegentlichen Regulierung der Uhren, auf deren *regelmäfsigen* Gang nur durch Vergleich mit der Fixsternbewegung geschlossen werden kann.

14) Der sphärische Abstand des einen Pols vom Horizont heifst die *Polhöhe* des Horizonts. Der Winkel, welchen der Äquator mit dem Horizont macht, wird *Äquatorhöhe* genannt.

$$\textit{Polhöhe} + \textit{Äquatorhöhe} = 90°.$$

(Von der Bestimmung derselben wird nachher die Rede sein.)

15) Der sphärische Abstand eines Gestirns vom Äquator heifst die *Deklination* (Abweichung) des Gestirns. (Nördliche und südliche oder positive und negative Deklination).

Beobachtet man einen Stern im Augenblick seiner Kulmination, so erhält man am Meridianinstrument sogleich die Summe oder Differenz von Äquatorhöhe und Deklination, die letztere also selbst, sobald die Äquatorhöhe bekannt ist.

Es wird jetzt einleuchten, dafs die *Deklination der Sonne zur Zeit der Sonnenwenden gleich der Ekliptikschiefe* ist.

16) Die Ergänzung der Deklination zu 90°, oder das Bogenstück des Deklinationskreises zwischen dem Sterne und dem Pole heifst die *Poldistanz*, der *Polabstand* des Sterns. *Stundenwinkel und Poldistanz bestimmen für einen bestimmten Augenblick die Lage des Gestirns am Himmel;* sie werden die sphärischen Polarkoordinaten des Gestirns bezogen auf den Nordpol genannt.

17) Der Kolur des Frühlingspunktes bildet den Anfang für die Zählung der Deklinationskreise. Diese Zählung geschieht in umgekehrtem Sinne wie Azimuth und Stundenwinkel (also vom Nordpole aus gesehen in umgekehrtem Drehungssinne des Uhrzeigers) von 0° bis 360°. Man nennt den Neigungswinkel eines durch einen Stern gehenden gegen den ersten, oder, was dasselbe ausdrückt, den zwischen beiden Kreisen liegenden Bogen des Äquators die *Rektascension* (gerade Aufsteigung) des Sterns. *Die Rektascension und Deklination werden durch Beobachtung mittels des sogenannten Passage- oder Meridianinstruments und eines im Meridian aufgestellten Höhenkreises (Meridiankreis) gefunden und bestimmen gerade so wie Höhe und Azimuth (aus denen sie sich übrigens ableiten lassen) die Stellung eines Sterns am Himmelsgewölbe.* Jene Gröfsen heifsen die sphärischen Koordinaten des Sterns bezogen auf den Äquator.

III. Ortsbestimmung durch Länge und Breite.

1) Das im Mittelpunkte der Himmelskugel auf der Ekliptik errichtete Lot trifft das Himmelsgewölbe in den Polen der *Ekliptik.* Der dem Nordpole der Weltaxe am nächsten liegende heifst der *Nordpol der Ekliptik,* der andere der *Südpol.*

2) *Der sphärische Abstand des Nordpols der Ekliptik vom Nordpol der Weltaxe ist gleich der Schiefe der Ekliptik.*

3) Die durch die Pole der Ekliptik gehenden Parallelkreise des Himmels heifsen *Polarkreise. Nördlicher, südlicher Polarkreis.*

4) Die durch die Pole der Ekliptik gehenden halben gröfsten Kreise heifsen *Breitenkreise des Himmels.* Der sphärische Abstand eines Sternes von der Ekliptik heifst die *Breite des Gestirns.* (*Nördliche und südliche Breite.*) Der Winkel des Breitenkreises durch den Stern mit dem Breitenkreise durch den Widderpunkt oder das Stück der Ekliptik zwischen dem Breitenkreise und dem Frühlingspunkte heifst die *Länge des Gestirns.* Die Längen werden vom Nordpol der Ekliptik aus gesehen in umgekehrtem Drehungssinn eines Uhrzeigers positiv und von 0° bis 360° gezählt.

5) *Die Länge und Breite eines Gestirns bestimmen vollkommen die Lage desselben am Himmelsgewölbe* und heifsen die sphärischen Koordinaten des Sterns bezogen auf die Ekliptik.

IV. Ortsbestimmung auf der Erde.

1) Die Durchschnitte der Deklinationskreise mit der idealen Erdoberfläche oder, was dasselbe ist, die durch die Pole der Erdaxe gehenden Halbkreise der Erdoberfläche heifsen *Erdmeridiane.*

2) Den 20° westlich von der Pariser Sternwarte gelegenen, nahe an der westafrikanischen Insel *Ferro* vorbeigehenden Erdmeridian bezeichnet man infolge eines Dekrets Ludwigs XIII vom Jahre 1630 gemeiniglich als den ersten. Neuerdings wird derselbe mehr und mehr durch den Meridian von *Greenwich* verdrängt.

3) Betrachten wir jeden der Parallelkreise des Himmels als Grundfläche und den Erdmittelpunkt als Spitze eines Kegels, so wird der Mantel des letzteren die Erdoberfläche je in einem Kreise schneiden. Alle diese Kreise heifsen *Parallelkreise* oder *Breitenkreise* der Erde. Der zum Himmelsäquator gehörende Kegelmantel ist in eine Ebene entartet und schneidet die Erde im *Erdäquator.* Man darf sich auch so ausdrücken: Der Äquator der Erde ist derjenige gröfste Kreis derselben, dessen

Ebene auf der Drehungsaxe der Erde senkrecht steht; die zum Äquator parallelen kleinen Kreise der Erdoberfläche heifsen Breitenkreise.

4) *Die Wende- und Polarkreise des Himmels werden vom Erdmittelpunkt aus als Wende- und Polarkreise der Erde auf die letztere projiziert.*

Wende- und Polarkreise teilen die Erdoberfläche in 5 Teile. Der zwischen den Wendekreisen liegende Teil heifst die *tropische* oder *heifse Zone*, zwischen einem Wendekreis und Polarkreis auf derselben Halbkugel liegt je eine *gemäfsigte Zone*, während die durch die Polarkreise bestimmten Kalotten *kalte Zonen* heifsen.

5) Der Winkel, welchen der Meridian eines Orts mit dem Anfangsmeridian bildet, oder was dasselbe ist, das Bogenstück auf dem Äquator oder einem Breitenkreise zwischen dem Meridian des Orts und dem Anfangsmeridian heifst die *geographische Länge* des Orts. (Westliche, östliche Länge).

6) Der sphärische Abstand eines Orts vom Äquator heifst seine *geographische Breite*. (Nördliche, südliche Breite.)

7) Mit einer Uhr, welche 1 bis 24 Stunden zeigt und nach dem ersten Meridiane (Anfangsmeridian) richtig d. h. so gestellt ist, dafs sie auf 24 zeigt, wenn die Sonne im ersten Meridiane kulminiert, kann man die geographische Länge eines beliebigen Orts auf der Erde bestimmen. Zeigt nämlich diese Uhr an irgend einem anderen Orte u Stunden mehr, so findet man die Länge des Orts durch folgende Proportion:

$$24 : u = 360° : x°,$$

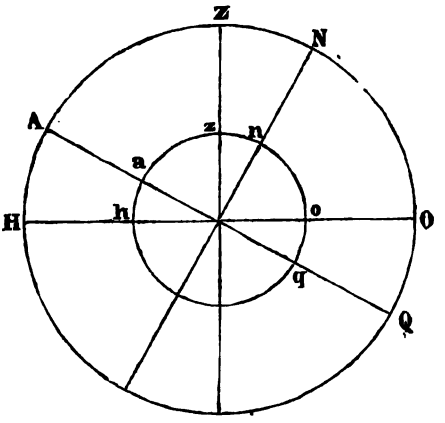
und zwar würde der Ort östlich von Ferro liegen und also eine östliche Länge haben. Zeigt die Uhr so viele Stunden weniger, so würde der Ort dieselbe, aber westliche Länge haben.

Anmerk. Anderweitige Mittel zur Bestimmung der Längenunterschiede zweier Orte sind:

a) *gleichzeitige Signale* (Leuchtkugeln, Raketen);
b) *die Mondfinsternisse;*
c) *die Verfinsterungen der Jupitertrabanten;*
d) *der Durchgang der unteren Planeten durch die Sonne;*
e) *Fixsternbedeckungen durch den Mond.*

8) *Die Breite eines Ortes ist gleich der Polhöhe.*

Fig. 3.



Es sei nämlich für einen Ort z (Fig. 3) der kleinere Kreis der Erd-, der gröfsere der Himmelsmeridian, AQ, aq bezüglich Himmels- und Erdäquator, HO der Horizont, Z sein Zenith, N der Nordpol; so ist $\widehat{az}$ die Breite des Orts z und $\widehat{NO}$ die Polhöhe. Nun ist aber

$$az + zn = NO + ZN = NO + zn = 90°, \text{ folglich}$$
$$az = NO.$$

Die Breite eines Orts bezeichnen die Astronomen mit Vorliebe durch φ.

9) *Die Polhöhe eines Orts ist gleich dem arithmetischen Mittel der Höhen eines Circumpolarsterns zur Zeit seiner oberen und unteren Kulmination.* (Man wird daher am Meridianinstrument die obere und untere Kulmination eines Sterns beobachten.)

10) Sind l und l' die Längen, b und b' die Breiten zweier Orte auf der Erde, und ist d ihr sphärischer Abstand, so ist

$$\cos d = \sin b \sin b' + \cos b \cos b' \cos (l - l').$$

Zum Beweise beachte man das vom Nordpol und den beiden Orten bestimmte sphärische Dreieck, auf welches man den sphärischen Cosinussatz anwende.

11) Die Parallelkreise verkleinern sich nach den Polen zu, und zwar ist für die Breite b und den Erdradius R:

$$r = R \cdot \cos b.$$

Geographische Längen (nach Ferro) und Breiten einiger wichtiger Städte.

Namen der Städte	Länge	Nördliche Breite	Dauer des längsten Tages.
Amsterdam	22°32′ 30″	52°22′ 17″	16,57 St.
Alexandria	47 32 35	31 13 5	14,32
Berlin	31 3 19	52 31 15	16,60
Breslau	34 42 3	51 6 30	16,34
Brüssel	22 2 —	50 50 59	16,29
Dorpat	44 23 30	58 22 43	17,98
Dresden	31 22 45	51 2 50	16,33
Dublin	11 19 15	53 23 13	16,76
Erfurt	28 42 15	50 58 45	16,31
Florenz	28 55 30	43 46 41	15,27
Frankfurt a/M.	26 21 —	50 6 43	16,17
Greenwich	17 39 36	51 28 39,5	16,43
Greifswalde	31 12 58	54 4 35	16,91
Halle a/S.	29 37 45	51 29 22	16,41
Jerusalem	53 — —	31 47 47	14,08
Kairo	48 58 —	30 3 21	13,94
Kalkutta	106 9 30	22 34 15	13,38
Kap d. g. Hoffnung	36 2 45	33 55 42 s. Br.	14,24
Kopenhagen	30 14 35	55 40 53	17,26
Leipzig	30 1 30	51 20 16	16,38
London	17 34 13	51 30 49	16,41
Madrid	13 52 30	40 24 57	14,89
Magdeburg	29 8 45	52 8 4	16,52
Moskau	55 12 45	55 45 45	17,28
München	29 14 5	48 8 20	15,99
Nürnberg	28 44 —	49 26 55	16,06
Padua	29 31 15	45 24 2	15,49
Paris	20 — —	48 50 14	15,97
Pecking	143 7 30	39 54 13	14,83
Petersburg	47 58 30	59 56 23	18,47
Philadelphia	302 28 15	39 56 55	14,84
Prag	32 5 —	50 5 18	16,17
Quito	298 54 30	0 13 17 s. Br.	12,01
Rom	30 9 30	41 53 54	15,06
Smyrna	44 46 30	38 28 7	14,69
Stockholm	35 43 15	59 20 31	18,28
Stuttgart	26 50 45	48 46 15	15,95
Triest	31 26 45	45 38 8	15,47

Namen der Städte	Länge	Nördliche Breite	Dauer des längsten Tages
Upsala	35°18′ —″	59°51′ 50″	18,45 St.
Utrecht	22 47 —	52 5 31	16,52
Venedig	30 0 46	45 25 53	15,49
Warschau	38 42 30	52 14 28	16,54
Weimar	29 0 36	50 59 12	16,32
Wien	34 2 36	48 12 35	15,91
Zürich	26 11 15	47 22 33	15,75

Anmerk. 1) *Nebenbewohner* (*περίοικοι*) sind solche, welche denselben Parallelkreis bewohnen, deren Länge aber um 180° verschieden ist. Sie haben gleiche geographische Breite, gleiche Jahreszeiten, jedoch entgegengesetzte Tageszeiten.

2) *Gegenbewohner* (*ἀντίοικοι*) sind diejenigen, welche sich in demselben Meridiane, aber in entgegengesetzten Parallelkreisen befinden. Sie haben gleiche geographische Längen, dieselben Tageszeiten, aber entgegengesetzte Jahreszeiten.

3) *Gegenfüßler* (*ἀντίποδες*) sind diejenigen, welche sich an den beiden Endpunkten eines Erddurchmessers befinden. Ihre Längen und Breiten sind also um 180° verschieden; sie haben sowohl Tages- als Jahreszeiten entgegengesetzt.

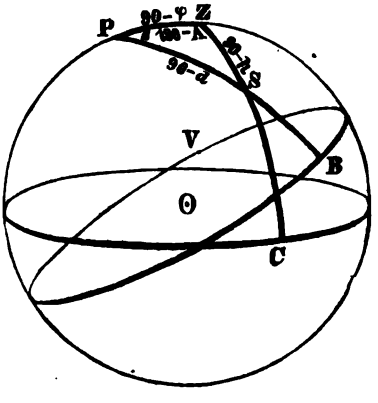
V. Koordinatenverwandlung.

1) Gewöhnlich wird die Lage eines Sterns durch Beobachtung seiner Deklination und Rektascension festgestellt, während die Kenntnis auch anderer Koordinaten für viele Zwecke wünschenswert ist. Es entsteht daher die Aufgabe, aus einer Koordinatenbestimmung eine zweite rechnerisch abzuleiten.

2) *Aus dem Stundenwinkel* (s) *eines Sterns und seiner Rektascension* (a) *die Sternzeit* (t) *zu finden.* Man findet sogleich

$$t = a + s.$$

Fig. 4.



3) *Aus dem Azimuth* (A) *und der Höhe* (h) *eines Sterns seine Deklination* (d) *und Rektascension* (a) *zu finden.* Man betrachte das Dreieck Pol — Zenith — Stern. In demselben ist, die Polhöhe durch φ bezeichnet, $PZ = 90 - \varphi$, $ZS = 90 - h$, $PS = 90 - d$; ferner ist PSZ der sogenannte parallaktische Winkel, ZPS der Stundenwinkel s und PZS das Supplement des Azimuths $(180 - A)$. Der Cosinussatz liefert mühelos

$$\sin d = \sin\varphi \sin h - \cos\varphi . \cos h . \cos A;$$

der Sinussatz führt auf

$$\sin s = \frac{\cos h \sin A}{\cos d} .$$

Ist s bekannt und die Sternzeit t ermittelt, so folgt

$$a = t - s.$$

Will man den Stundenwinkel durch h, d und φ ausdrücken, so ergiebt der Cosinussatz

$$\cos s = \frac{\sin h - \sin\varphi \sin d}{\cos\varphi . \cos d},$$

also die wahre Sonnenzeit, wenn das inrede stehende Gestirn die Sonne ist.

Anmerk. 1) Für den Augenblick der oberen Kulmination ist $s = o$, also $\cos s = 1$, somit

$$\begin{aligned} \sin h &= \cos\varphi . \cos d + \sin\varphi \sin d \\ &= \cos(\varphi - d) \\ &= \sin(90 - \varphi + d). \end{aligned}$$

Es ist also

$$\varphi = 90 + d - h.$$

Man kann demgemäfs aus der Deklination und der Kulminationshöhe eines Sterns auf die geographische Breite schliefsen.

2) Für das Sommer- und Wintersolstitium der Sonne ist $d = \varepsilon$ resp. $= -\varepsilon$, unter ε die Schiefe der Ekliptik verstanden. Ist nun h resp. h' für diesen besonderen Fall die zugehörige Kulminationshöhe der Sonne, so folgt

$$\varphi = 90 + \varepsilon - h,$$

desgleichen

$$\varphi = 90 - \varepsilon - h'.$$

Addition und Subtraktion führen auf

$$\frac{h + h'}{2} = 90 - \varphi = \text{Aquatorhöhe},$$

$$\frac{h - h'}{2} = \varepsilon = \text{Schiefe der Ekliptik}.$$

In Worten?

3) Setzt man in der Formel

$$\sin d = \sin\varphi . \sin h - \cos\varphi . \cos h . \cos A$$

$h = 0$, so folgt das Azimuth beim Auf- und Untergang

$$\cos A = -\frac{\sin d}{\cos\varphi} .$$

Welches ist also das Azimuth der Sonne im Frühlings- und Herbstanfang?

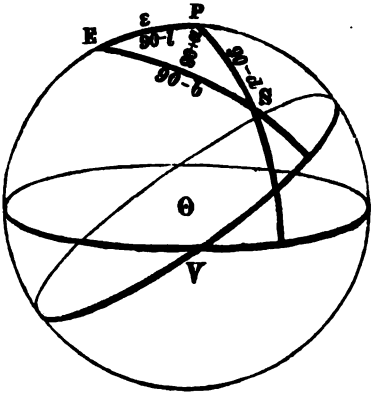
4) *Aus dem Stundenwinkel (Rektascension) und der Deklination sollen Azimuth und Höhe berechnet werden.*

Wie in Nr. 3 folgt aus dem Dreieck PZS mittels des Cosinus- und Sinussatzes sogleich

$$\sin h = \sin\varphi \sin d + \cos\varphi \,.\, \cos d \,.\, \cos s,$$
$$\sin A = \frac{\cos d \sin s}{\cos h}.$$

5) *Aus Rektascension und Deklination eines Sterns seine Länge (l) und Breite (b) zu finden.*

Fig. 5.



Man betrachte das Dreieck Pol des Äquators, Pol der Ekliptik, Stern. Es ist $EP = \varepsilon$ = Schiefe der Ekliptik, ES das Komplement der Breite, PS das Komplement der Deklination. Da E, P und V ein gleichschenklig-rechtwinkliges Dreieck bestimmen, so ist ferner SEP das Komplement der Länge, EPS um 90° gröfser als die Rektascension; ESP heifst der Positionswinkel des Gestirns. Cosinus- und Sinussatz liefern die beiden lösenden Gleichungen:

$$\sin b = \sin d \,.\, \cos\varepsilon - \cos d \,.\, \sin\varepsilon \,.\, \sin a,$$
$$\cos l = \frac{\cos a \,.\, \cos d}{\cos b}.$$

6) *Aus Länge und Breite die Rektascension und Deklination eines Sterns zu ermitteln.*

Man findet wie oben leicht

$$\sin d = \sin b \,.\, \cos\varepsilon + \cos b \,.\, \sin\varepsilon \,.\, \sin l,$$
$$\cos a = \frac{\cos b \,.\, \cos l}{\cos d}.$$

7) *Aus der Deklination (d) eines Gestirns den Tagbogen desselben zu finden, wenn die Polhöhe (φ) gegeben ist.*

Die Formel in Nr. 4 geht für $h = 0$ über in

$$\cos s = -\operatorname{tg}\varphi \,.\, \operatorname{tg} d,$$

wo unter s der halbe Tagbogen verstanden werden mufs. Ein Gestirn mit nördlicher Deklination kulminiert für alle Orte auf demselben Meridian zu derselben Zeit, geht aber desto früher auf, je weiter ein Ort nach Norden liegt. Wie die Formel lehrt

dies auch die Anschauung, wenn man in mehreren Punkten eines Erdmeridians die Tangentialebenen konstruiert und mit diesen den Lauf eines Gestirns vergleicht. Bequem rechnet sich übrigens nach der Formel

$$\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}s = \sqrt{\frac{1-\cos s}{1+\cos s}}$$

$$= \sqrt{\frac{1+\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg} d}{1-\operatorname{tg}\varphi \,.\, \operatorname{tg} d}}$$

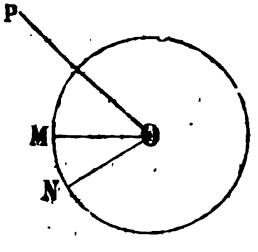
$$= \sqrt{\frac{\cos(\varphi - d)}{\cos(\varphi + d)}}.$$

Anmerk. Ist der Stern die Sonne, so giebt die Formel in Nr. 4 für einen bestimmten Ort die wahre Sonnenzeit, sobald Deklination und Höhe der Sonne bekannt sind: $\cos s = \frac{\sin h - \sin\varphi \sin d}{\cos\varphi \,.\, \cos d}$. Wegen der ungleichförmigen Bewegung der Sonne kann von einer gewöhnlichen mechanischen Uhr die wahre Sonnenzeit nicht gut angegeben werden; das geschieht vielmehr durch die so genannten *Sonnenuhren*.

a) Die einfachste Form einer Sonnenuhr besteht in einer kreisförmigen Scheibe, deren Peripherie in *24 gleiche* Teile geteilt ist, während im Mittelpunkt ein senkrecht auf der Scheibe stehender Stift errichtet ist. Stellt man die Scheibe so auf, dafs sie selbst dem Äquator, der Stift also der Drehungsachse der Erde parallel ist, dann giebt der Schatten des Stifts unmittelbar den Stundenwinkel an, wenn man die Zählung vom Durchschnitt des Meridians mit der Scheibe beginnt. An der Durchschnittsstelle am Rande der Scheibe mufs XXIV (XII) stehen, an den oben bezeichneten Teilpunkten auf der einen Seite I, II, III etc., auf der anderen XXIII (XI), XXII (X), XXI (IX) u. s. w.

b) Ist die Ebene der Uhr horizontal, der Stift OP aber der Erdaxe parallel, OM die Nordsüdlinie und ON der Schatten, so ist der Stundenwinkel (s) der Sonne der Flächenwinkel mit der Scheitelaxe OP; es fragt sich, wie von dem letzteren der Winkel MON im Horizont abhängt, damit man die Scheibe korrekt in Stunden abteilen kann. Da $MOP = \varphi$ (= Polhöhe) und der Flächenwinkel mit der Scheitelaxe MO recht ist, so folgt aus der vorliegenden dreiseitigen Ecke sofort:

Fig. 6.



$$\operatorname{tg} MON = \operatorname{tg} s \,.\, \sin\varphi.$$

c) Ist die Scheibe vertikal von Ost nach West orientiert, der schattenwerfende Stift aber parallel zur Weltaxe, so findet man sogleich für den Winkel s' des Schattens mit der Vertikallinie auf der Scheibe

$$\operatorname{tg} s' = \operatorname{tg} s \,.\, \cos\varphi.$$

d) Ist die Scheibe vertikal, macht aber mit der Meridianebene das Azimuth ω, ist übrigens wiederum der Stift der Weltaxe parallel, so betrachte man die dreiseitige Ecke, deren Scheitel die Mitte O der Scheibe ist, während die drei Kanten sind: der Stift OP, sein Schatten OS und die Zenithlinie OZ, welche offenbar in der Scheibe liegt. Nun ist $POZ = 90 - \varphi$, der Flächenwinkel mit der Scheitelaxe $OP = s$, derjenige mit der Scheitelaxe $OZ = \omega$; gesucht wird der Winkel $SOZ = s'$; man findet

$$\operatorname{tg} s' = \frac{\operatorname{tg} s \,.\, \cos \varphi}{\sin \omega + \operatorname{tg} s \,.\, \sin \varphi \,.\, \cos \omega}.$$

Viertes Kapitel.

Von der Gröfse und Gestalt der Erde und ihrer Axendrehung.

I. Bestimmung der Gröfse und Gestalt der Erde.

Durch physikalische Versuche (Plateau) und Rechnung ist festgestellt, dafs eine um eine Axe rotierende Flüssigkeit die Gestalt eines *Sphäroids* annimmt, d. h. eines Körpers, welcher durch Rotation einer Ellipse um die kleine Axe entsteht. Da nun die Erde, wie später noch näher begründet werden soll, rotiert und ihre Oberfläche gröfstenteils mit Wasser bedeckt ist, so hat man vollen Anlafs, auch für die Erde sphäroidale Form anzunehmen. Die verhältnismäfsig geringfügigen Erhebungen des Festlandes können diese charakteristische Gestalt nur wenig trüben. Man nennt darum *wahre Gestalt* der Erde diejenige, welche von ihr angenommen würde, wenn der Ocean allein ohne Festland existierte. Zwei Meridiane, welche um 180° Länge differieren, bilden daher eine Ellipse, und die Axen derselben sind auch diejenigen des Erd-Sphäroids; auf die numerische Bestimmung derselben kommt es an. Hierzu dient die Methode der *Triangulation*. Ein nicht zu kurzer Meridianbogen wird durch einen Streckenzug umgürtet, so dafs der eine Endpunkt jeder Strecke von dem anderen bequem mittels des Fernrohrs

erreicht werden kann. Reduziert man alles auf Seehöhe, so erscheint der Meridianbogen als Projektion des Streckenzuges. Jede Strecke wird übrigens selbst durch zweckmäfsige Wahl von Fixationspunkten zur Seite eines Dreiecks gemacht. Sobald die Winkel dieser Dreiecke und eine einzige Seite gemessen sind welche man die *Basis der Triangulation* nennt, so sind alle Seiten bekannt. Um die obengenanten Strecken zu projizieren, mufs man noch ihre Winkel mit dem Meridian (Azimuth) feststellen; die thatsächliche Bestimmung des Azimuths der ersten Strecke ist ausreichend.

2) Die von den verschiedensten Nationen angestellten Messungen haben ergeben, dafs ein Meridiangrad (die Länge, um welche man von einem bestimmten Punkte auf dem Meridian fortschreiten mufs, damit die Polhöhe um einen Grad zu- oder abnimmt) in der Nähe des Äquators kleiner ist als in der Nähe des Pols und von einem Minimum zu einem Maximum stetig zunimmt.

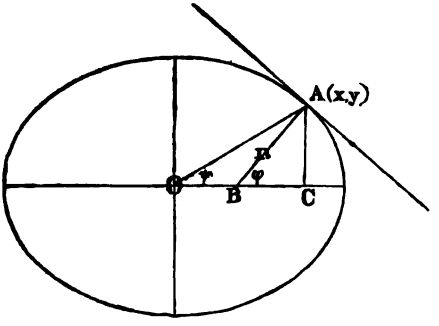
Breite	Länge eines Meridiangrades	Länge eines Erdhalbmessers
0°	110,563 km	6377,396 km
10°	110,588	6376,754
20°	110,694	6374,924
30°	110,842	6372,105
40°	111,023	6368,635
50°	111,216	6364,990
60°	111,399	6361,448
70°	111,549	6358,597
80°	111,647	6356,729
90°	111,680	6356,099

Hierdurch bestätigt sich die von *Newton* zuerst behauptete Abplattung der Erde. Ruhte die Erde, so würde die Wassermasse sich zu einer Kugel ballen, deren Radius 6370,2832 km wäre; derselbe würde, wie man durch Interpolation aus der vorstehenden Tabelle ersieht, unter 35° 15′ nördlicher oder südlicher Breite endigen.

Anmerk. 1. Legt man durch drei Punkte *A*, *B*, *C* einer krummen Linie einen Kreis, so verändert derselbe Lage und Gröfse, wenn *B* und *C* beständig *A* angenähert werden; der Grenzkreis, welchem der veränderliche Kreis zustrebt heifst der Krümmungskreis der Kurve an der Stelle *A*. Die analytische Geometrie lehrt, dafs der Radius ϱ des Krümmungskreises (Krümmungsradius

gleich $n^2 : p^2$ ist, wenn unter n das Stück der Normale zwischen Peripherie und grofser Axe, unter p aber $b^2 : a$ verstanden wird (a grofse, b kleine Halbaxe).

Fig. 7.



Anstatt der laufenden Koordinaten x, y lassen sich leicht die Normale n und ihr Winkel φ mit der Hauptaxe einführen. Dafs dieser Winkel der Polhöhe des Punktes A gleich ist, leuchtet sofort ein. Da die Gleichung der Tangente in A lautet $\frac{Xx}{a^2} + \frac{Yy}{b^2} = 1$, so ist die Normale $Y - y = \frac{a^2 y}{b^2 x}(X - x)$; setzt man $Y = 0$, so folgt:

$$X = OB = \frac{a^2 - b^2}{a^2} x = \varepsilon^2 x;$$

ε heifst die *astronomische oder numerische Excentrität*. Nun ist

$$x = OC = OB + BC = \varepsilon^2 x + n \cdot \cos\varphi,$$

also

$$x = \frac{n \cos\varphi}{1 - \varepsilon^2} = \frac{a^2 n \cos\varphi}{b^2},$$

$$y = AC = n \cdot \sin\varphi.$$

Die Substitution in die Gleichung der Ellipse $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ ergiebt:

$$\frac{a^2 n^2 \cos\varphi^2}{b^4} + \frac{n^2 \sin\varphi^2}{b^2} = 1.$$

Hieraus folgt

$$n^2 = \frac{b^4}{a^2 \cos\varphi^2 + b^2 \sin\varphi^2} = \frac{p^2}{1 - \varepsilon^2 \sin\varphi^2};$$

somit ist

$$n^2 = \frac{p^2}{(1 - \varepsilon^2 \sin\varphi^2)^{\frac{3}{2}}},$$

also

$$\varrho = \frac{n^2}{p^2} = \frac{p}{(1 - \varepsilon^2 \sin\varphi^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Endlich ist

$$p = \varrho (1 - \varepsilon^2 \sin\varphi^2)^{\frac{3}{2}}$$

und

$$p = b \cdot \frac{b}{a} = b\sqrt{1 - \varepsilon^2},$$

folglich

$$b = \varrho (1 - \varepsilon^2 \sin\varphi^2)^{\frac{3}{2}} : \sqrt{1 - \varepsilon^2}.$$

Ist nun ein Meridianbogen von einer nicht zu großen Gradzahl gemessen, so kann man denselben annäherungsweise als denjenigen Kreisbogen angehörig betrachten, welcher zur Mitte des Bogens gehört, deren Breite φ dem arithmetischen Mittel der Polhöhen der Endpunkte gleich ist. Dann aber kennt man vermöge der Kreislehre das zugehörige ϱ. Entsprechen sich ebenso φ_1 und ϱ_1, dann ist

$$b = \varrho\,(1-\varepsilon^2 \sin\varphi^2)^{\frac{3}{2}} : \sqrt{1-\varepsilon^2}$$

und

$$b = \varrho_1\,(1-\varepsilon^2 \sin\varphi_1{}^2)^{\frac{3}{2}} : \sqrt{1-\varepsilon^2}\,.$$

somit

$$\varrho\,(1-\varepsilon^2 \sin\varphi^2)^{\frac{3}{2}} = \varrho_1\,(1-\varepsilon^2 \sin\varphi_1{}^2)^{\frac{3}{2}}.$$

Hieraus folgt leicht

$$\varepsilon^2 = \frac{\varrho^{\frac{2}{3}} - \varrho_1{}^{\frac{2}{3}}}{\varrho^{\frac{2}{3}} \sin\varphi^2 - \varrho_1{}^{\frac{2}{3}} \sin\varphi_1{}^2}\,.$$

Mit ε ist b und demnächst auch a bekannt.

Anmerk. 2. Der Radius x der Kugel, welche mit dem Erdsphäroid gleiches Volumen hat, folgt aus der Formel

$$\tfrac{4}{3}\pi x^3 = \tfrac{4}{3}\pi a^2 b.$$

d. h. aus

$$x = \sqrt[3]{a^2 b}\,.$$

Was die verschiedenen Halbmesser der Erde angeht, so giebt die Figur sogleich

$$\overline{OA}^2 = \overline{OC}^2 + \overline{AC}^2 = x^2 + y^2.$$

Wir fanden aber oben:

$$x = \frac{a^2 n \cdot \cos\varphi}{b^2}, \quad y = n \sin\varphi$$

und

$$n^2 = \frac{b^4}{a^2 \cos\varphi^2 + b^2 \sin\varphi^2}\,.$$

Die Substitution ergiebt daher:

$$\overline{OA}^2 = \frac{a^4 \cos\varphi^2 + b^4 \sin\varphi^2}{a^2 \cos\varphi^2 + b^2 \sin\varphi^2}\,.$$

Was folgt für $\varphi = 0°$ und $\varphi = 90°$?

Anmerk. 3. Die Formeln $x = \frac{a^2 \cdot n \cos\varphi}{b^2}$ und $y = n \cdot \sin\varphi$ lehren auch den Zusammenhang zwischen der geographischen Breite φ und der geocentrischen ψ, nämlich

$$\operatorname{tg}\psi = y : x = n \sin\varphi : \frac{a^2 \cdot n \cdot \cos\varphi}{b^2} = \frac{b^2}{a^2} \cdot \operatorname{tg}\varphi.$$

Anmerk. 4. Sieht man die Erde als Kugel an, so ist für eine bekannte Höhe h des Beobachtungsorts und Depression ϱ des Horizonts $\cos\varrho = r : (r+h)$, somit

$$r = \frac{h \cos\varrho}{2 \sin\frac{1}{2}\varrho^2}\,.$$

Anmerk. 5. Die älteste Vermessung der Erde wird *Eratosthenes aus Alexandrien* (276—195 v. Ch.) zugeschrieben. Er ersann das Prinzip der Gradmessungen; den Unterschied der Polhöhe von *Alexandrien* und *Syene* welche annäherungsweise auf demselben Meridian liegen, schätzte er auf 7° 12′, die Entfernung auf 5000 Stadien, daher den Erdumfang auf 250000 Stadien. (Ein Stadium vielleicht = 186 Meter). — *Ptolomäus* (um 150 v. Ch.) zeigte, dafs man nicht gerade einen Meridianbogen messen brauche, wenn man nur den Winkel des gemessenen Bogens mit dem Meridian kennt. Der französische Arzt *Fernel* mafs (etwa 1528) mit Hilfe eines Zählwerks für die Menge der Radumdrehungen seines Wagens den Meridianbogen zwischen *Paris* und *Amiens*. Im J. 1615 führte *Snellius* (*Eratosthenes Batavus*) zuerst in Holland eine Triangulation aus. Von nun an, namentlich seit *Newton* erregt die Gradmessung bis auf den heutigen Tag das lebhafteste Interesse aller Kulturvölker. Die meisten Staaten Europas haben sich jüngst für diesen Zweck vereinigt und lassen die Vermessungen nach einem gemeinschaftlichen Plane ausführen.

3) *Dimensionen des Erdsphäroids.*

Umfang des Äquators	40070,368	km
Umfang eines Meridians	40003,424	„
Durchmesser des Äquators . . .	6377,397	„
Länge der Erdaxe	6356,079	„
Abplattung $= \frac{a-b}{a}$ . . .	1 : 299,153 = 0,003343	„
Excentricität $= \sqrt{a^2-b^2} : a$ . . .	0,081697	„
Krümmungshalbmesser eines Meridians am Äquator	6334,829	„
Derselbe am Pol	6398,794	„
Länge eines Grades des Äquators	111,3066	„
„ „ Meridiangrades am Äquator	110,5637	„
Länge eines Meridiangrades am Pol	111,6799	„
Oberfläche des Erdsphäroids . .	9261238	Quadrat-Meilen.
Flächeninhalt der heifsen Zone .	3679062	„ „
„ jeder gemäfsigten Zone	2403675	„ „
„ jeder kalten Zone .	387413	„ „
Inhalt des Erdsphäroids	2650185000	Kubik-Meilen.
Durchmesser einer Kugel, welche mit dem Erdsphäroid gleiche Oberfläche hat	6370,2895	km

Durchmesser einer Kugel, welche mit dem Erdsphäroid gleichen Inhalt hat . . . . . 63[illegible]232 km

Länge der geogr. Meile = $\frac{1}{15}$ Grad des Äquators = 7,4744 km.

Das Meter ist sehr nahe der zehnmillionste Teil der Länge eines Meridianquadranten der Erde: nach der im Jahre 1799 von der französischen Republik getroffenen Festsetzung sollte dies genau der Fall sein, aber die zu grunde gelegte Abplattung $\frac{1}{334}$ erwies sich nach Bessel als zu klein.

II. Gründe für die Rotation der Erde.

Die Erscheinung der täglichen Bewegung sämtlicher Gestirne in Kreisen um die Weltaxe würde sich ganz in derselben Weise vor unseren Blicken vollziehen, wenn wir das Himmelsgewölbe als ruhend betrachteten und der Erde eine Axendrehung zuschrieben. Für die erstere Annahme spricht der Augenschein. Auf diesen aber allein eine Wahrheit zu gründen, wäre gewiß ebenso thöricht, als die Annahme, daß ein längs dem Ufer hinsegelndes Schiff stille stehe und das Ufer sich bewege.

Für die Axendrehung der Erde sprechen nun folgende Gründe:

1) *Eine die Bewegung des Himmels bewirkende Centralkraft fehlt.*

Die verschiedenen zum Teil ungeheuren Entfernungen, die ungleiche Größe der Gestirne, der Umstand, daß die am weitesten entfernten in derselben Zeit ihren Umlauf machen, als die näheren, alles dieses läßt die Annahme einer solchen Centralkraft unzulässig erscheinen.

2) *Die vorhandene Abplattung an den Polen.*

Folge der Schwungkraft (Centrifugalkraft). Pendelversuche unter verschiedenen Breiten. Gleichzeitiger Beweis für einen ehemaligen flüssigen Zustand der Erde.

Zur Gewißheit wird die Annahme der Axendrehung der Erde aber

3) *durch die östliche Abweichung der aus bedeutenden Höhen fallenden Körper.*

Die Spitze eines Turmes bewegt sich rascher als dessen unterer Teil; ein von oben herabfallender Stein behält aber nach dem Axiom der Beharrung noch unten die Geschwindigkeit der Spitze bei und eilt deshalb dem unteren Teile des Turmes voraus.

(*Bensenbergs* Versuche im Innern des Michaelisturms in Hamburg 1802. Irrtum des *Tycho de Brahe*, welcher das Gesetz der Beharrung nicht kannte und darum ein Zurückbleiben nach Westen annahm).

4) *Die beständigen Nordostwinde — Passatwinde — zwischen den Wendekreisen.*

Die warme Luft der tropischen Zone strömt in den höheren Luftregionen nach beiden Polen ab, kalte Luft strömt in den unteren Regionen von den Polen dem Äquator zu. Stände die Erde still, so würden unter den Wendekreisen beständig Winde bezüglich von Süden resp. Norden wehen. Die Winde kommen aber von Südosten resp. Nordosten, warum? Die zuströmende kalte Luft hat die schwächere Schwungkraft der Polargegenden, kommt mit dieser am Äquator an, und bleibt deshalb gegen letzteren, der rascher rotiert, westlich zurück. Deshalb nordöstliche Luftströmung.

5) *Die Analogie der übrigen Planeten.*

Es wurde bereits bemerkt, dafs deutlich wahrnehmbare Flecken auf der Sonne und den Planeten, welche am Rande verschwinden und nach bestimmter Zeit am entgegengesetzten Rande wieder zum Vorschein kommen, die Axendrehung der Sonne wie der Planeten aufser allen Zweifel setzen.

Einen direkten Beweis für die Axendrehung liefert ebenso wie die Fallversuche

6) *Foucault's Versuch.* (1851). Wenn man in einem Punkte der Verlängerung der Erdaxe ein Pendel befestigte, so würde bei vorhandener Rotation der Erde, da der Aufhängepunkt des Pendels an der Axendrehung nicht teilnimmt, sondern absolut fest ist, auch die Schwingungsaxe des Pendels von jener Axendrehung unberührt bleiben. Ebenso wenig nimmt zufolge eines bekannten Versuchs die Schwingungsebene an der Drehung teil. Dem Beobachter auf der Erde würde jedoch diese unbewegliche Schwingungsebene im Kontraste gegen die Rotation der Erde als in einer Drehung um die Vertikale des Aufhängepunkts begriffen erscheinen und zwar würde die Drehung bei andauernder Pendelschwingung in 24 Stunden gerade 360° betragen.

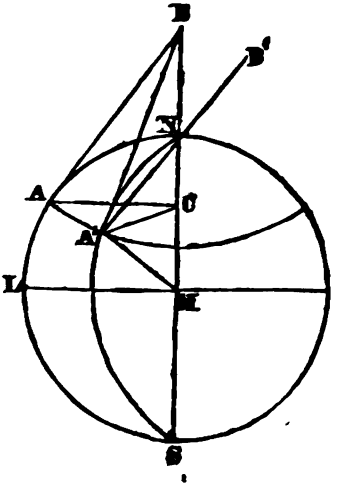
Liegt nun die Vertikale des Aufhängepunkts nicht in der Erdaxe, so ändert sich die Erscheinung insofern wesentlich ab,

als dieser Aufhängepunkt jetzt einen Parallelkreis beschreibt. Gleichwohl würde die scheinbare Drehung der Schwingungsebene noch stattfinden, jedoch mit um so gröfserer Verzögerung, jemehr sich der Aufhängepunkt vom Pole entfernt und dem Äquator nähert. Ist das Pendel in die Ebene des Äquators selbst gekommen, so wird die Drehung offenbar Null werden. Um die Drehung des Horizonts in der Breite φ um die Vertikale als Axe zu verstehen, bedenke man, dafs Drehungen wie Kräfte zusammengesetzt und zerlegt werden, sobald die Gröfse der Drehung auf der Axe durch eine Strecke symbolisch dargestellt ist. Man zerlege demnach die Drehung um die Erdaxe in eine Komponente, welche in die Vertikale des Orts fällt und eine zweite, welche dem Horizont angehört. U. s. w. An der Drehung um die Vertikale nimmt die Pendelkugel teil, nicht aber die Schwingungsebene. Zahlreich angestellte Versuche haben diese idealen Betrachtungen vollkommen bestätigt und die Thatsache erhärtet, *dafs die Drehung der Schwingungsebene gleich ist 360° multipliziert mit dem Sinus der geographischen Breite.*

Der genaue, alle die Bewegung des Pendels modifizierenden Einflüsse ins Auge fassende, mathematische Nachweis dieser Thatsache ist nur mit Hilfe der höheren Analysis möglich, doch gewährt folgende Darstellung einen genügenden Einblick in den Sachverhalt:

Es sei in nebenstehender Figur *NS* die Erdaxe, *A* ein Ort der Erdoberfläche zwischen dem Pol *N* und dem Äquator, und das Pendel schwinge in *A* in der Ebene des Meridians *NAS*, so giebt die durch *A* gehende Tangente *AB* des letzteren die betreffende Richtung auf dem Horizont an. Kommt nun *A* infolge der Rotation der Erde nach *A'*, einem Punkte in grofser Nähe von *A*, so beschreibt die Tangente *AB* einen kleinen Teil eines geraden Kegelmantels, welcher *B* zur Spitze und den Paral-

Fig. 8.



lelkreis von A zur Grundfläche hat, und die Linie AB erhält zuletzt die Lage $A'B$. Die Schwingungsebene des Pendels dagegen durchschneidet jetzt den Horizont in einer von $A'B$ verschiedenen Linie $A'B'$. Diese Schwingungsebene würde nämlich zwischen A und A' beständig *parallel* der ursprünglichen Lage ABC bleiben; da sie jedoch zugleich immer durch die Vertikallinie des Beobachtungsorts gehen mufs, so wird es den Anschein gewähren, als habe sich die Schwingungsebene gegen den Meridian um einen Winkel $BA'B'$ gedreht, welcher an Gröfse gleichkommt dem Winkel ABA', den wir durch Aufwickelung des Kegelmantelstücks ABA' in eine Ebene erhalten. Bezeichnen wir diesen Winkel durch β und den die Drehung von A messenden Centriwinkel ACA' durch α, so ist

$$\overset{\frown}{AA'} = 2\pi \,.\, AB \,.\, \frac{\beta}{360}$$

und auch

$$\overset{\frown}{AA'} = 2\pi \,.\, AC \,.\, \frac{\alpha}{360};$$

also $AB \,.\, \beta = AC \,.\, \alpha$ und da $AC = AB \,.\, \sin ABC$, ABC aber der Breite φ des Ortes A gleich ist, so folgt:

$$\beta = \alpha \,.\, \sin \varphi.$$

In 24 Stunden ist $\alpha = 360°$, während die Schwingungsebene erst eine scheinbare Drehung von $360° \,.\, \sin \varphi$ ausgeführt hat.

Durch die mit der theoretischen Ableitung übereinstimmende Beobachtung der Drehung der Pendelschwingungsebene ist der Rückschlufs auf eine vorhandene Axendrehung der Erde vollkommen gerechtfertigt.

Schlufsfolgerung. Die Erde dreht sich demnach in 24 Stunden um eine feste Axe und zwar von Westen nach Osten, also in einer der scheinbaren Bewegung des Himmels entgegengesetzten Richtung. Die Punkte der Erdoberfläche beschreiben immer kleinere Kreise, je näher sie den Polen zu liegen. Die Pole sind die einzigen festen und unbeweglichen Punkte der Erdoberfläche. Für den Beobachter an den Polen geht kein Gestirn auf, keins unter, sie umkreisen ihn in Bahnen, welche seinem Horizonte parallel gehen. Er sieht nur den halben gestirnten Himmel. Die Sonne allerdings geht für ihn auf und unter, jedoch bleibt sie ein halbes Jahr über, die andere Hälfte unter seinem Horizonte. Er hat ein halbes Jahr Tag und ein halbes Jahr Nacht. (*Sphära parallela.*)

Die **Erklärung** dieser Erscheinung wird sich bald ergeben. Ein **Beobachter** unter dem Äquator sieht *alle* Gestirne des Himmels, und alle gehen senkrecht zu seinem Horizont auf. Tag und **Nacht** sind nahezu gleich lang (*Sphära recta*). Für jeden anderen Ort der Erde geht ein Teil der Sterne niemals auf, ein **anderer** ist circumpolar, ein dritter hat gröfseren oder kleineren Tagbogen. Für die Sonne wechselt der Tagbogen zwischen einem Minimum und Maximum stetig hin und her. Alle Gestirne gehen unter dem Komplement der geographischen Breite auf (*Sphära obliqua*).

Von der scheinbaren Sonnenbahn wissen wir wenigstens so viel, dafs sie in einer Ebene und zwar der eines gröfsten Kreises liegt (keine Kurve von doppelter Krümmung ist). Ob es sich mit derselben nicht vielleicht ebenso verhält, wie mit den Bahnen der Sterne, dafs sie nämlich blofs *scheinbar* ist und die Erde sich vielmehr um die Sonne bewegt? — Die Beantwortung dieser Frage möge den Gegenstand des folgenden Kapitels bilden.

Fünftes Kapitel.

Von der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne. (*Revolution.*)

I. Gründe für die Annahme derselben.

Ob sich die Erde um die Sonne bewegt, oder umgekehrt die Sonne um die Erde, das ist für die darauf bezüglichen Erscheinungen gleichgiltig. *Copernicus**) ist der Urheber der ersten Ansicht. Für dieselbe spricht:

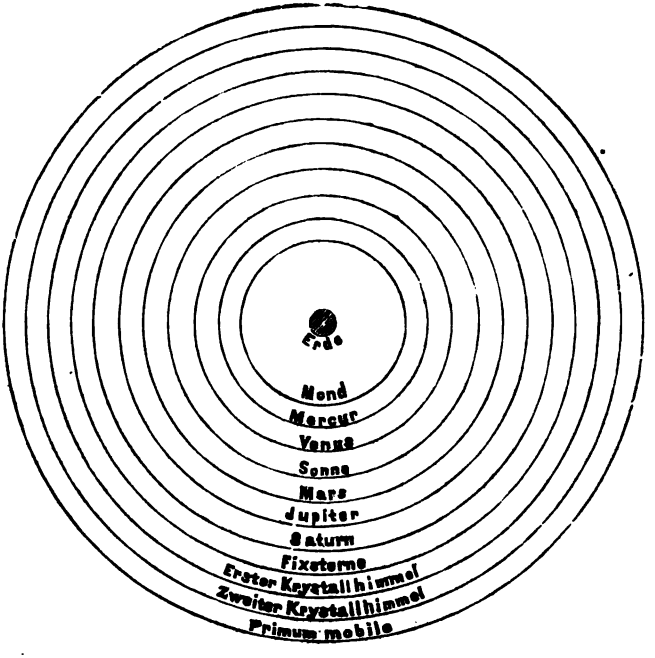
*) *Nicolaus Copernicus* wurde am 19. Febr 1473 zu Thorn an der Weichsel geboren, studierte in Krakau Medizin, Mathematik und Astronomie, verfolgte dann seine astronomischen Studien noch in Bologna und lehrte von 1500 an in Rom Mathematik. 1503 kehrte er in sein Vaterland zurück und ebte von 1510 an als Kanonikus in Frauenburg. Er verfolgte auch hier seine

1) *Das Gröfsenverhältnis zwischen Erde und Sonne.* Man weifs bestimmt, dafs die Sonne ungefähr 1½ Millionen mal so grofs ist als die Erde; sollte sich nun diese ungeheure Sonne um

---

astronomischen Studien, die ihn zu der Annahme brachten, dafs die Sonne im Mittelpunkt des Planetensystems stehe und die Erde sich wie die übrigen Planeten um erstere bewege. Er starb am 11. Juni 1543 und wurde im Dom zu Frauenburg beigesetzt. Seine Werke sind: „*De orbium coelestium revolutionibus libri VI.*; „*Astronomia instaurata*"; und „*De lateribus et angulis triangulorum.*" Durch Copernicus wurden die Vorstellungen der Alten über den Bau des Weltsystems beseitigt. Die Alten legten ihrer Auffassung zwei Axiome zugrunde: 1. *die Erde steht im Mittelpunkt des Alls*; 2. *die Bewegung der Gestirne ist eine kreisförmige und gleichförmige.* Die scheinbaren Abweichungen vom zweiten Prinzip hiefsen *Ungleichheiten.* Die erste Ungleichheit bezieht sich auf die verschiedene Geschwindigkeit eines Planeten in seiner Bahn, die zweite auf das Vorwärts- Rückwärtsgehen und Stillstehen der Planeten. Im übrigen wird das *Ptolemäische* System durch folgende Figur hinreichend illustriert:

Fig. 9.



die kleine Erde drehen? Noch mehr Wahrscheinlichkeit gewinnt die erste Annahme

2) *durch die Analogie der übrigen Planeten.* Am deutlichsten läfst sich die Bewegung um die Sonne an den beiden unteren

---

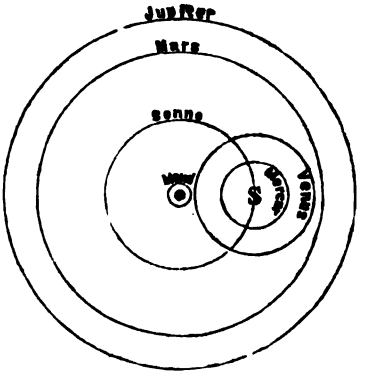
Das Primum mobile ist der Sitz der bewegenden Triebkräfte. Jedes Gestirn sitzt an einer Krystallsphäre, mit welcher es seinen Umschwung vollführt.

Im *ägyptischen System* laufen Merkur und Venus um die Sonne, sonst ist alles wie oben. (Fig. 10).

In Wahrheit sind nach *Schiaparelli* nicht die Ägypter die Erfinder dieses Systems, sondern *Herakleides Ponticus*, ein Schüler Platos, welcher auch als einer der ersten die Axendrehung der Erde lehrte.

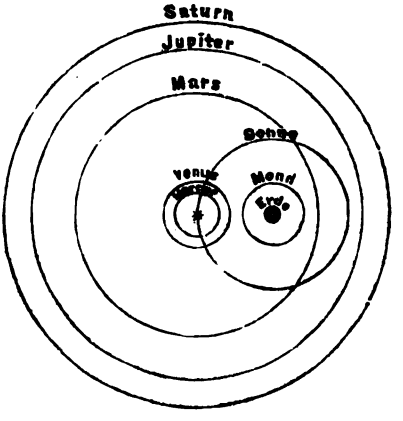
Nach *Copernicus* verfiel der namhafte *Tycho Brahe*, der Vorläufer Keplers, noch einmal auf das System der Alten, das er in etwas modificierte: Sonne und Mond bewegen sich um die Erde, alle anderen Planeten um die Sonne. (Fig. 11).

Fig. 10.



Die erste Ungleichheit suchte der berühmte *Hipparch*, der gröfste Astronom des Altertums dadurch verständlich zu machen, dafs er annahm, die Erde stehe nicht genau im Mittelpunkt der kreisförmigen Planetenbahnen, wodurch *gleiche* Bogenlängen bald unter gröfserem, bald unter kleinerem Winkel erscheinen. Behufs Erklärung der zweiten Ungleichheit ersann *Appollonius* mit seltenem Scharfsinn die *Epicykeltheorie*. Der Planet bewegt sich auf einem Kreise (*Epicykel* genannt), dessen Mittelpunkt selbst einen Kreis (den *Deferenten*) um die ruhende Erde in gleichförmiger Bewegung beschreibt.

Fig. 11.



Die erste Ungleichheit konnte sich *Copernicus*, was ihm bei der zweiten so leicht wurde, nicht klar machen; das gelang erst *Kepler*.

Planeten *Merkur* und *Venus* beobachten. Ihr Durchgang durch die Sonne, ihr Verschwinden hinter derselben, ihre Lichtphasen, ihre verschiedene scheinbare Gröfse zu verschiedenen Zeiten, alle diese Erscheinungen setzen die Bewegung dieser Planeten um die Sonne aufser allen Zweifel.

Einen neuen Beweis für die Bewegung der Erde um die Sonne lieferte *Bradley**) durch seine Entdeckung

3) *der Aberration des Lichtes der Fixsterne.* Bei genauer Beobachtung von Länge und Breite eines Fixsterns findet man, dafs derselbe im Laufe eines Jahres um seinen wahren Ort eine kleine Ellipse mit unveränderlicher grofser Axe zu beschreiben scheint, während die kleine Axe Null ist für einen Stern in der Ebene der Ekliptik, dann beständig wächst und für einen Stern am Pol der Ekliptik der grofsen Axe gleich ist. Die sogenannte Aberrationsellipse hat also zu Grenzen die Strecke und den Kreis. Diese Erscheinung findet nur in der Bewegung der Erde um die Sonne, zusammengehalten mit der Geschwindigkeit des Lichts (ermittelt von dem dänischen Astronomen *Olaf Römer*) ihre erschöpfende Erklärung.

Schlufsbemerkung. Es giebt demnach keine Sonnenbahn, sondern eine Erdbahn; die Ekliptik ist nämlich diese Erdbahn. Dafs sich der Standpunkt der Fixsterne gegen die Erde im allgemeinen nicht ändert, findet seine Erklärung in der ungeheuren Entfernung der letzteren, gegen welche der Durchmesser der Erdbahn eine verschwindende Gröfse ist.

II. Ist die Erdbahn ein Kreis?

Copernicus hielt die Erdbahn für einen Kreis, in dessen Mittelpunkte die Sonne stände. Dagegen sprechen folgende Gründe:

1) *Die scheinbare Gröfse der Sonne (ihr Gesichtswinkel) ist zu verschiedenen Zeiten verschieden.* In der einen Hälfte des Jahres nehmen die Durchmesser der Sonne an Gröfse zu, in der anderen

---

*) *James Bradley*, ein ausgezeichneter astronomischer Beobachter, geb. zu Shireborn in England im J. 1692, studierte in Oxford Theologie, wurde auch Prediger, wandte sich jedoch später der Astronomie zu und wurde 1721 Professor der Astronomie zu *Oxford* und dann nach *Halleys* Tode 1742 zu *Greenwich*, wo er am 13. Juli 1762 starb. Im J. 1727 entdeckte er die Aberration des Lichtes. Aus seinem Nachlasse gab *Hornsby* die „*Astronomical observations made at the observatory at Greenwich*" heraus.

Hälfte wieder ab. Am 31 Dezember ist der scheinbare Durchmesser der Sonne am größten = 32'35",57 am 1. Juli am kleinsten = 31'30",93.

2) *Die scheinbare Bewegung der Sonne ist keine gleichmäßige.* Wäre die Erdbahn ein Kreis, so müßte sich die Erde nach mechanischen Gesetzen gleichförmig um die Sonne bewegen, d. h. in gleichen Zeiten gleiche Strecken zurücklegen. Demnach müßte dann aber auch mit der scheinbaren Bewegung der Sonne der Fall sein. So ist es aber in der That nicht, denn die an einem Sterntage zurückgelegten Wege haben verschiedene Größe, sie sind insbesondere im Winter größer als im Sommer und schwanken zwischen 61' 10,1" und 57' 11,7".

Man könnte dies mit *Hipparch* erklären, indem man annimmt, die Erdbahn sei ein Kreis, der die Sonne nicht in seinem Mittelpunkte habe. Allein damit stimmt das Gesetz, nach welchem der Sonnendurchmesser im Laufe eines Jahres sich ändert, nicht zusammen.

Die erwähnte Bestimmung der Sonnenparallaxe ist also keine Begründung der jährlichen Bewegung der Erde. Dieselbe beruht auf der Beobachtung, daß die Umlaufszeiten der Trabanten des Jupiter um diesen Planeten eine wechselnde Dauer zu haben scheinen, wenn von der Stellung der Erde zum Jupiter und der Sonne abgesehen wird. *Olaf Römer* bemerkte in dem umfangreichen Beobachtungsjournal des Astronomen Cassini, daß die Umlaufszeit des 1. Trabanten am größten war, wenn die Erde sich in ihrer Bahn vom Jupiter entfernte, am kleinsten, wenn sie sich jenem Planeten näherte, in der Opposition und Konjunktion aber ungefähr war, wie sie groß wie die mittlere Umlaufszeit. Diese Verschiedenheiten finden nun ihre Erklärung nur durch die Bewegung der Erde um die Sonne. Durch die Dauer dieser Bewegung nach dem Jupiter hin, scheinen sich die Umlaufszeiten der Trabanten scheinbar, da der Weg, welchen das Licht von denselben zur Erde zurückzulegen hat, sich verkürzt; die Entfernungen sind am wenn die Richtung der Bewegung der Erde zum Jupiter senkrecht ist, in der Konjunktion und Opposition bleibt der Weg derselbe. Die darauf gegründete Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes stimmt hinreichend mit den in neuester Zeit durch terrestrische Messungen gefundenen Werten; sie ist abhängig von der genauen Kenntnis der Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn und somit auch der Entfernung der Erde von der Sonne. Für letztere wird eine schärfere Bestimmung als bisher von der Beobachtung der am 8. Dez. 1874 und am 6. Dez. 1882 stattgefundenen Venusdurchgänge (vergl. 5. Kap., II.) erwartet.

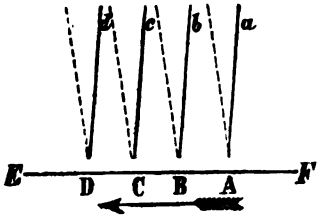
Einen weiteren Beweis für die jährliche Bewegung der Erde haben die in neuerer Zeit gefundenen *Fixsternparallaxen* (vergl. 8. Kap., III., ergeben.

Die Thatsache, dafs man bei der Stellungsveränderung der Erde im Raume, welche dem Durchmesser der Erdbahn, also etwa 40 Mill. Meilen gleichkommt, keine entsprechenden Veränderungen in der scheinbaren Stellung der Fixsterne beobachtete, konnte früher als ein Einwand gegen das Copernicanische System geltend gemacht werden. Nachdem die besseren Hilfsmittel neuerer Zeit die Bestimmung von einzelnen Fixsternparallaxen ermöglicht haben, ist dieser Einwand in das Gegenteil verwandelt.

Die von Bradley bei seinen Versuchen, solche Parallaxen zu finden, entdeckte anderweitige Stellungsveränderung der Fixsterne, welche oben unter dem Namen der *Aberration* erwähnt ist, beruht darauf, dafs wir einen fixierten Gegenstand immer in derjenigen Richtung erblicken, welche durch das Centrum der Pupille und das Centrum der zuletzt gereizten lichtempfindenden Netzhautstelle (macula lutea) bestimmt ist.

Seien a, b, c, d von einem entfernten Fixsterne ausgehende und darum als parallel anzusehende Lichtstrahlen, welche den Teil EF der Erdbahn, den die Erde im Sinne des beigefügten Pfeils zurücklege, treffen; sei ferner M das Centrum der Pupille, O das der macula lutea eines den Stern beobachtenden Auges. Ruhte die Erde in A, so würde das Auge sich von selbst so einstellen, dafs MO in die Richtung von a fiele; dasselbe würde geschehen, wenn die Lichtbewegung im Vergleich zu der der Erde als momentane angesehen werden müfste. Braucht aber das Licht zu seiner Bewegung eine im merkliche Zeit, so wird, während das Auge von A nach B rückt, der bei M in dasselbe eingedrungene Strahl nicht bei O anlangen, sondern rechts davon; das Auge selbst wird darum unwillkürlich und dem Beschauer unbewufst eine Drehung ausführen im Sinne der Bewegung der Erde, um den centralen Teil der Netzhaut dem Lichte wiederum behufs scharfer Fixierung voll zuzuwenden, auch wenn durch ein Fernrohr gesehen wird. Diese Drehung des Auges hat zur Folge, dafs der Stern um einen eben so grofsen Winkel im Sinne der Erdbewegung aus seiner wahren Position gerückt wird; das Verrückungs-Phänomen selbst heifst die Aberration des Lichts. Im Laufe eines Jahres findet man daher bei genauer astronomischer Beobachtung für einen Stern S nicht dieselbe und wahre Projektion Σ am scheinbaren Himmelsgewölbe, sondern immer eine andere; der Verband aller dieser Projektionen erscheint in der Konstruktion als Ellipse. Liegt der Fixstern in der Ekliptik, so entartet die Ellipse in eine Strecke, welche unter einem Winkel von 40″,50 erscheinen würde, und sie geht in einen Kreis über, wenn der Fixstern im Pole der Ekliptik stände.

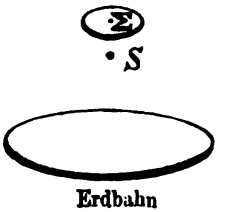
Fig. 12.



Vergleich zur Erdgeschwindigkeit

Fig. 13.

Aberrationsellipse



Erdbahn

III. Keplersche Gesetze.

*Johann Kepler**) wurde namentlich durch *Tycho de Brahes***) genaue Beobachtungen des Mars (dessen Bahn zum Glück eine grofse Excentricität hat) zunächst auf das erste seiner, eine neue Epoche der Astronomie begründenden Gesetze geführt, nämlich:

1) *Die Marsbahn und überhaupt alle Planetenbahnen sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht.* Perihelium (*Erdnähe*), Aphelium (*Erdferne*). Die *mittlere Entfernung* der Sonne von der Erde ist die halbe Hauptaxe der Erdbahn, deren Ebene das Himmelsgewölbe in der Ekliptik schneidet. Die Exentricität der

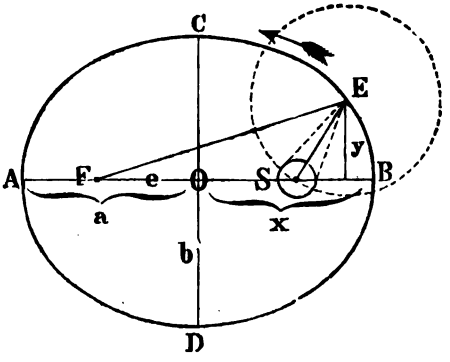
---

*) *Johann Kepler* wurde zu Magstatt, einem Dorfe bei Weil im Würtembergischen, am 27. Dezember 1571 geboren. Er studierte zu Tübingen unter ärmlichen Verhältnissen. 1593 übernahm er die Professur der Mathematik zu Gratz. Hier trat er bereits in Briefwechsel mit *Tycho de Brahe*. 1599 folgte er diesem nach Prag, um an dessen Beobachtungen teilzunehmen. Durch *Brahe* kam *K.* zur Stelle eines kaiserlichen Mathematikus, wobei er gleichwohl in Dürftigkeit leben mufste. Elf Jahre später ging er als Professor der Mathematik an die Laudesschule zu Linz, wo er 15 Jahre in ebenfalls dürftigen Verhältnissen blieb. Nachdem er hierauf 3 Jahre bei einem Privatmanne in Ulm zugebracht, ging er in Wallensteins Dienste, welcher ihn jedoch dadurch wieder von sich entfernte, dafs er ihm eine Professur in Rostock verschaffte. Doch auch hier litt er Mangel und beschlofs deshalb nach einem Jahre auf dem Reichstage zu Regensburg um Auszahlung seiner kaiserlichen Pension zu bitten. Aber kaum dort angelangt starb er infolge der Anstrengungen seiner Reise am 15. November 1630. Noch bei seinen Lebzeiten erschien: *Prodromus dissertationum cosmographicum, continens mysterium cosmographicum.* In seinem Nachlasse fand man das Manuskript seines unsterblichen Werkes: „*De stella Martis*".

**) *Tycho Brahe*, geb. zu Knudstrup in Schonen am 4. Dez. 1546, besuchte die Universität Kopenhagen. Er widmete sich gegen den Willen seiner Anverwandten der Astronomie, konnte sich aber dieser erst vom Jahre 1565, wo ihm ein bedeutendes Vermögen zufiel, ungestört hingeben. Er ging nach Wittenberg, Rostock und dann nach Augsburg und genofs schon damals eines bedeutenden Rufes. Später belehnte ihn Friedrich II. im Jahre 1576 mit der jetzt schwedischen Insel Hven im Sunde und baute ihm dort die prächtige Uranienburg. Hier bildete *B.* sein Planetensystem aus, was jedoch bald in Vergessenheit geriet. Unter Christian IV., Friedrichs II. Nachfolger, fiel er in Ungnade, verliefs das Vaterland und ging nach Prag in Kaiser Rudolphs Dienste, starb jedoch bald am 13. Okt. 1601. Er war ein ausgezeichneter Beobachter und hat zahlreiche astronomische Werke hinterlassen. Seine Marsbeobachtungen liegen den Berechnungen Kepplers zugrunde.

Ellipse ist sehr klein, denn wenn die kleine Axe = 1 gesetzt wird, so ist die grofse = 1,03416. Die grofse Axe der Ellipse heifst die *Apsidenlinie.*

Fig. 14



Um für die Erde die elliptische Bahn nachzuweisen, kann man folgendermafsen verfahren: Im Brennpunkt S stehe die Sonne, in E befinde sich die Erde mit den Koordinaten x und y, dann ist

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1, \text{ also}$$

$$y^2=b^2-\frac{b^2}{a^2}x^2.$$

Andererseits ist

$$\begin{aligned} SE^2 &= y^2+(x-SO)^2 \\ &= b^2-\frac{b^2}{a^2}x^2+x^2-2ex+e^2 \\ &= a^2-2ex+\frac{e^2}{a^2}x^2. \end{aligned}$$

Da nun SE als Radius vector wesentlich positiv ist, so folgt durch Radizierung

$$SE=a-\varepsilon x, \quad \varepsilon=\frac{e}{a} \text{ gesetzt.}$$

Bezeichnet man die wahre Anomalie, nämlich den Winkel ESB durch φ, so ist $x=e+SE\,.\cos\varphi$, also

$$SE=a-\varepsilon(e+SE\,.\cos\varphi),$$

somit

$$SE(1+\varepsilon\cos\varphi)=a-e\varepsilon.$$

Da $a\varepsilon-e$ mit Null identisch ist, so kann man für die rechte Seite auch schreiben: $a-e\varepsilon+a\varepsilon-e$ oder $(a-e)(1+\varepsilon)$. Es ist also

$$SE(1+\varepsilon\cos\varphi)=(a-e)(1+\varepsilon).$$

Schlägt man um E mit SE den Kreis, so wird derselbe aus der Sonne einen Bogen schneiden, welcher wegen der grofsen Ent-

[illegible] δ [illegible] ε [illegible] ε [illegible] $\varepsilon

um wieder zu denselben Fixsternen zurückzukehren, bei denen er schon früher einmal stand, kann man auf dessen *Umlaufszeit* schliefsen. Hat man nun auch die mittlere Entfernung nur eines einzigen Planeten gefunden, so kann man nach dem 3. Gesetze Kepplers die mittlere Entfernung der übrigen finden. Die Umlaufszeiten der der Sonne nahen Planeten müssen kleiner sein als der entfernten.

Die mittleren Entfernungen der Planeten, Neptun ausgenommen, bilden nach der Bodeschen Gedächtnisregel (Regel des Titius)*) annäherungsweise eine merkwürdige Zahlenreihe. Bezeichnet man nämlich eine Strecke von 2 Millionen Meilen durch 1, so sind die mittleren Entfernungen von der Sonne

des Merkur . . .	4	= 8	Millionen Meilen.
der Venus	4 + 3	= 14	„ „
der Erde	4 + 2.3	= 20	„ „
des Mars	4 + 4.3	= 32	„ „
der s. g. Asteroiden	4 + 8.3	= 56	„ „
des Jupiter . . .	4 + 16.3	= 104	„ „
des Saturn . . .	4 + 32.3	= 200	„ „
des Uranus . . .	4 + 64.3	= 392	„ „

Bei dem Planeten Neptun erleidet dieses Gesetz eine Ausnahme, denn die Zahl $4 + 128 \cdot 3 = 776$ weicht von der wirklichen Entfernung dieses Planeten von der Erde im Betrage von c. 600 Mill. Meilen zu sehr ab.

4) Aus den Keplerschen Gesetzen leitete später *Isaak Newton***),

---

*) Die interessante Progression der Planeten-Abstände, welche ehedem für ein Naturgesetz gehalten wurde und nicht wenig dazu beigetragen hat, dafs man in dem breiten Gürtel zwischen Mars und Jupiter die ersten Asteroiden entdeckte, ist weder eine Entdeckung des *Titius* (Tietz, geb. zu Konitz in Westpreufsen 2. Jan. 1729, gest. als Prof. der Astronomie zu Wittenberg 16. Dez. 1796), noch *Bodes* (geb. zu Hamburg 19. Jan. 1747, gest. als Direktor der Sternwarte in Berlin 23. Nov. 1826), denn sie wird schon von *Chr. Wolf* (geb. 24. Jan. 1679 zu Breslau, gest. 9. April 1754 als Prof. zu Halle) erwähnt.

**) *Isaak Newton*, geb. am 25. Dez. 1642 zu Woolsthorpe in der engl. Grafschaft Lincoln, besuchte die Universität Cambridge und hörte dort den berühmten Dr. *Barrow*. Noch vor seinem 27. Lebensjahre soll er seine Entdeckungen des Gravitationsgesetzes, der Fluxionentheorie und der Spaltung des weifsen Sonnenlichtes in farbiges gemacht haben. Im Jahre 1669 erhielt er Barrow's Lehrstuhl. Bekannt ist sein und namentlich seiner Anhänger wissenschaftlicher Streit mit Leibnitz und dessen Anhängern über die Erfindung der Infinitesimalrechnung. Fast alle Teile der Mathematik und der Physik wurden durch neue Entdeckungen von ihm bereichert. Seine zahlreichen Schriften sind teils von ihm, teils von anderen herausgegeben worden. Er starb am 29. März 1727 zu London. *Hauptwerk:* Philosophiae naturalis principia mathematica. *Grabschrift:* Gratulentur sibi mortales tale tantumque decus generis humani exstitisse.

gestützt auf die [illegible] freien Falle sein [illegible]:

Die von der Sonne auf [illegible] ist umgekehrt dem Quadrate ihrer Entfernung von dem Mittelpunkte der Masse des leuchtenden Körpers proportional.

von irgend zwei Körpern [illegible] zwei Massenpunkten.

Das zweite Keplersche [illegible] Neutonschen Gesetzes [illegible] einem festen Centrum [illegible] nach welchem [illegible] gesetz und das Parallelogramm der [illegible]

IV. Präcession und Nutation.

1) Der Frühlingspunkt [illegible] sondern schreitet [illegible] rückwärts (mit einer jährlichen Abnahme [illegible] Bewegung der Erde entgegen. [illegible] fast um 30) Grad vom Ende der Zeichen des [illegible] kehrtem Sinne eines [illegible] Anfange der Fische, während er vor jener Zeit im Widder stand. Man nennt diese Erscheinung die Präcession der Nachtgleichen.

---

*) *Galileo Galilei* [illegible] versität Pisa und entdeckte schon damals das Gesetz der [illegible] Pendelschwingungen. Im Jahre 1589 wurde er Professor der Mathematik in Pisa, 1592 Lehrer der Mathematik in Padua. Hier erfand er [illegible] *Circkel*, wichtiger jedoch war seine Entdeckung der Fallgesetze. [illegible] berief ihn der Grofsherzog Cosmo II. wieder nach Pisa, er lebte [illegible] mehr in Florenz auf. Galilei war ein Verehrer des [illegible] zog sich aber deshalb vielfache Verfolgungen zu, so [illegible] 1633 seine ausgesprochenen Ansichten als [illegible] schwören mufste. Dafs er nach Ablegung dieses Eides die Worte gesprochen: E pur si muove! (Und sie bewegt sich doch!) [illegible] Münster und anderen als höchst unwahrscheinlich angenommen werden, da die Überzeugungstreue des grofsen Mannes durch jenen Akt kaum in [illegible] erschüttert worden ist. Seine letzten Tage verlebte Galilei in Einsamkeit, trotzdem eifrig um seine Wissenschaft bemüht, auf seinem Landsitze [illegible] Florenz und starb am 8. Jan. 1642. Er hinterliefs [illegible]

Dieselbe bewirkt ein beständiges Wachsen der Längé der Gestirne. In 25800 $\left(= \frac{360 \cdot 60 \cdot 60}{50{,}2592}\right)$ Jahren etwa würde somit der Frühlingspunkt die ganze Ekliptik durchlaufen. Diesen Zeitraum nennt man wohl auch das *grofse platonische Jahr*.

Da sich die Breite der Gestirne im wesentlichen nicht ändert, also die Ekliptik nahezu fest bleibt, so ist die Erscheinung der Präcession nur dadurch zu erklären, dafs man annimmt, der Erdäquator bleibe sich nicht parallel, sondern sei infolge der Anziehung des äquatorialen Wulstes seitens der Sonne in einer langsamen Rotation begriffen, bei welcher aber seine Neigung gegen die Ekliptik nicht alteriert wird. Die Drehung des Äquators zieht eine eben solche der Himmelsaxe nach sich, welche etwa in 26000 Jahren eine Kegelfläche beschreibt. Die Bahn des Nordpols (ähnlich des Südpols) wird also erhalten, indem man um den Pol der Ekliptik mit dem sphärischen Radius von $23\frac{1}{2}°$ am Himmelsgewölbe einen Kreis beschreibt. In Zukunft wird hiernach einmal *Wega* in der Leier Polarstern sein.

2) Theorie und Erfahrung haben ferner gelehrt, dafs auch die Schiefe der Ekliptik eine Änderung erleidet, teils eine der Zeit proportionale Abnahme, durch Drehung der Ekliptik selbst, die in 100 Jahren 48″ beträgt und von der Anziehung der Planeten herrührt, teils ein periodisch wiederkehrendes Schwanken des Äquators, durch welches dieser Winkel in ungefähr 18,6 Jahren nach beiden Seiten hin um 9″,6 verändert wird. Dieses Schwanken der Erdaxe nennt man die *Nutation*. Die Nutation wird durch die Anziehung des äquatorialen Wulstes durch den Mond hervorgerufen. Infolge derselben beschreibt die Erdaxe eine kleine Ellipse mit den Axen 18″,4 und 13″,7 am Himmel.

An jedem rotierenden Kreisel lassen sich ähnliche Bewegungen der Drehungsaxe beobachten. Infolge der Präcession und Nutation beschreibt die Erdaxe am Himmel um den Pol der Ekliptik in 26000 Jahren eine wellenförmige Linie.

Sechstes Kapitel.

Folgerungen aus der jährlichen Bewegung der Erde.

I. Zeiteinteilung.

An eine für den bürgerlichen Gebrauch passende Zeiteinteilung werden drei Anforderungen gestellt: 1.) Die Tage sollen alle dieselbe Dauer haben. 2.) Das Jahr soll eine ganze Zahl von Tagen haben. 3.) Die Jahreszeiten sollen stets auf denselben Monatstage fallen.

1.) *Der Tag.* Die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Kulminationen eines Fixsterns oder des mittleren (d. h. durch Berücksichtigung der Präcession verbesserten) Frühlingspunktes heißt ein *Sterntag.* Der durch Zeitmaß ausgedrückte westlich vom Meridian gezählte Stundenwinkel des mittleren Widderpunktes heißt die *Sternzeit.* Da der Anfang des Sterntages nach und nach immer auf andere Tageszeiten fällt, so muß die bürgerliche Zeiteinteilung an den Lauf der Sonne anknüpfen. Die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden oberen oder unteren Kulminationen der Sonne heißt der *wahre Sonnentag*: er ist größer wie der Sterntag, weil die Sonne stetig nach Osten vorrückt, aber die Differenz ist nicht konstant; denn die wahren Sonnentage sind nicht von gleicher Länge; 1.) hat nämlich die Sonne in der Ekliptik eine ungleichförmige Bewegung; 2.) bei der *gleichförmigen* Rotation der Erde schieben sich in gleichen Zeiten gleiche Bogen des Äquators durch den Meridian; dies ist aber nicht der Fall mit der Ekliptik, weil diese unter einem schiefen Winkel gegen den Äquator geneigt ist. Eine Folge davon ist, daß zu gleichen Wegstrecken der Sonne ungleiche Stundenwinkel gehören. Man hat deshalb den *mittleren Sonnentag* eingeführt, d. h. den Tag, der in der Wirklichkeit stattfinden würde, wenn eine fingierte Sonne den Äquator in derselben Zeit mit *gleichmäßiger* Geschwindigkeit durchliefe, in welcher die wirkliche die Ekliptik mit *ungleichförmiger* Geschwindigkeit durchläuft: die Zeit also zwischen zwei aufeinander folgenden Kulminationen

5) *Die Woche.* Aufser dieser Zeiteinteilung hat man noch die nach Wochen zu je 7 Tagen und es hat somit ein gemeines Jahr 52 Wochen und 1 Tag, und jedes Schaltjahr 52 Wochen 2 Tage. Die ursprünglichen Namen der Wochentage sind von Sonne, Mond und 5 Planeten hergenommen. Sie heifsen:

Sonntag, Dies Solis (☉),
Montag, D. Lunae (☾),
Dienstag, D. Martis (♂).
Mittwoch, D. Mercurii (☿),
Donnerstag, D. Jovis (♃),
Freitag, D. Veneris (♀),
Sonnabend (Samstag), D. Saturni (♄).

Anmerk. *Sonntagsbuchstabe, Sonnenzirkel.* Wenn man die ersten sieben Tage des Monats Januar eines beliebigen Jahres mit den Buchstaben A, B, C, D, E, F, G bezeichnet und für die folgenden Tage diese Buchstaben sich regelmäfsig wiederholen läfst, so mufs der letzte Tag des gemeinen Jahres wieder A sein, weil $365 = 52 . 7 + 1$ ist. Der Buchstabe, welcher auf den ersten Sonntag des Januar und bei Wiederholung der 7 Buchstaben natürlich auch auf alle folgenden Sonntage fällt, heifst *Sonntagsbuchstabe.* Aus dem Vorigen ergiebt sich, dafs der Sonntagsbuchstabe alljährlich um eine Stelle rückwärts geht. In den Schaltjahren giebt man dem 24. und 25. Februar denselben Buchstaben, nnd es hat deshalb das Jahr 2 Sonntagsbuchstaben, einen für die Zeit vom 1. bis 23. Februar und einen für den nachfolgenden Teil des Jahres. Es kehrt derselbe Buchstabe im julianischen Kalender alle $4 . 7 = 28$ Jahre wieder. Diese Periode heifst ein *Sonnenzirkel.* Denselben Namen führt die Zahl, welche angiebt, dafs wievielste irgend ein Jahr in einer solchen Periode ist. Man hat das 9. *Jahr vor der christlichen Zeitrechnung als den Anfang einer Periode* festgesetzt und als ein Schaltjahr betrachtet. Da die Sonntagsbuchstaben rückwärts schreiten, so hat man dem letzten Jahre des ersten Sonnenzirkels den Buchstaben A gegeben, so dafs also das erste Jahr dieser Periode die Buchstaben G F hat. Will man den julianischen Sonnenzirkel für ein Jahr x finden, so hat man den Rest des Quotienten $\frac{9+x}{28}$ zu suchen. Ist der Rest Null, so ist der Sonnenzirkel $= 28$, das Jahr ist das letzte des Cyclus. Vom Jahre 1851 z. B. ist hiernach der Sonnenzirkel 12.

Aus der nachfolgenden Tabelle

1. GF.	5. BA.	9. BC.	13. FE.
2. E.	6. G.	10. B.	14. D.
3. D.	7. F.	11. A.	15. C.
4. C.	8. E.	12. G.	16. B.

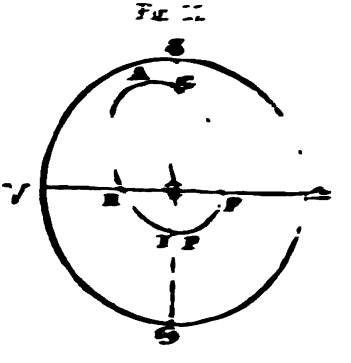
17. AG.	[illegible]	[illegible]	[illegible]
18. P.	[illegible]	[illegible]	[illegible]
19. K	[illegible]	[illegible]	[illegible]

ergiebt sich, daß zum Sonntagsbuchstaben [illegible] der Sonntagsbuchstabe [illegible] gehört. Im gregorianischen Kalender bleiben zwar die Sonntagsbuchstaben dieselben, die Sonntagsbuchstaben dagegen sind andere. Im nämlich in diesem Jahre der gregorianische Kalender gegen den julianischen 12 Tage zurück ist, so muß man statt 12, oder, was dasselbe ist, um 7 Buchstaben zurückgehen. Wir erhalten also für 1851 dem gregorianischen Sonntagsbuchstaben L. Mit Hilfe des vorhergehenden ist jetzt leicht zu bestimmen, auf welchen Wochentag irgend ein Datum fällt. Wollte man dies z. B. für den 15. Mai [illegible] wissen, so findet man für 1814 den julianischen Sonntagsbuchstaben [illegible], diesem entspricht der gregorianische B. Das Jahr 1814 fing also mit einem Sonntage an. Da nun vom 1. Januar bis zum 15. Mai 135 Tage verflossen sind, so enthält der Zeitraum vom 1. Sonntage (2. Januar) bis zum 15. Mai 133 Tage. Diese durch 7 dividiert, geben 19 Wochen 4 Tage; es ist somit der 15. Mai ein Sonntag, also der 18. ein Mittwoch gewesen.

II. Hauptstellungen der Erde in der Ekliptik.

1. Am 21. März befindet sich die Sonne (☉) im Frühlingspunkte (Widderpunkte) und also die Erde (Fig. 15) in *F*. Wir (auf der nördlichen Halbkugel) haben *Frühlingsanfang*.

Fig. 15.



2) Hat die Länge der Sonne um 90° zugenommen und ist also die Erde (in 92 Tagen) nach *G* ins Sommersolstitium gekommen, es geschieht dies am 21. Juni, so haben wir *Sommersanfang*.

3) Bei *A* tritt die Erde in das Aphelium. Es geschieht dies am 1. Juli.

Hat die Länge der Sonne von *G* aus wieder um 90° zugenommen und ist die Erde also (in 94 Tagen) nach *H* gekommen, so erscheint uns die ☉ am 23. September im Herbstpunkte (Wagepunkte). Wir haben *Herbstanfang*.

4) Bei weiterer Zunahme der Sonnenlänge um 90° (in 89 Tagen) befindet sich die Erde am 21. Dezember in *I* im Wintersolstitium. Wir haben *Wintersanfang*.

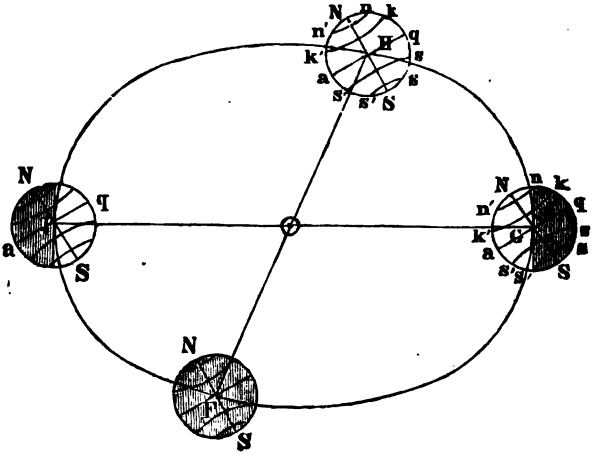
5) Am 31. Dezember tritt die Erde (nach 90 Tagen) in P in das Perihelium.

Schlufsbemerkungen. Aus der Ungleichheit der Flächen der 4 Quadranten und dem 2. Keplerschen Gesetze ersieht man, dafs die Jahreszeiten nicht genau von gleicher Dauer sind, dafs ferner die Nordhälfte der Erde eine um 7 Tagen längere Sommerperiode hat. Übrigens ist die Apsidenlinie nicht fest, sondern vermöge der Planetenattraktion schreiten Perihel und Aphel entgegengesetzt den Äquinoktien (P und A) um 11″,5 im Jahre vor. Gegenwärtig ist das Perihel 79° vom Frühlingspunkt entfernt, wird sich also mit demselben wegen der jährlichen Annäherung von 50,2″ + 11,5″ = 61,7″ nach etwa 5300 Jahren decken. Die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Eintritten der Sonne ins Perihel heifst *anomalistisches Jahr*.

III. Beleuchtung der Erde in ihren verschiedenen Stationen durch die Sonne.

1) Wenn F, G, H, I (Fig. 16) dieselbe Bedeutung haben, wie in Fig. 15, und ⊙ wieder die Sonne bezeichnet, so befindet sich die Erde in F und H in den Nachtgleichenpunkten, also im

Fig. 16.



Äquator. Der Lichtstrahl ⊙ F (und ebenso ⊙ H) befindet sich demnach ebenfalls im Äquator und steht somit auf der Erdaxe NS senkrecht. Offenbar erleuchtet nun die ⊙ die ihr zugekehrte Halbkugelfläche der Erde, und zwar bildet ein durch die Erdaxe NS gehender und auf ⊙ F (resp. ⊙ H) senkrecht stehender Kreis die Lichtgrenze. Da sich nun die Erde in

24 Stunden um ihre Axe gleichförmig dreht, so bleibt jeder Punkt der Erdoberfläche 12 Stunden auf der erleuchteten und 12 Stunden auf der verfinsterten Seite der Erde, d. h. es sind überall (mit Ausschluſs der Pole) Tag und Nacht gleich. Daher der Name Nachtgleichenpunkte. Ein Beobachter an den Polen würde die Sonne gerade in seinem Horizonte haben.

2) In G befindet sich die Erde im Sommersolstitium, es ist somit der Winkel $\odot Ga = \varepsilon$ (der Ekliptikschiefe), da, wie wir bereits früher, (im 3. Kap. II, 16) gesehen haben, die Deklination der Sonne zu jener Zeit diese Gröſse hat. Die Lichtgrenze steht wieder senkrecht auf $\odot G$. Bezeichnet nun nn' den nördlichen und ss' den südlichen Polarkreis, so ist (vergl. 3. Kapitel. III), $Nn = Ss = \varepsilon$. Nun muſs offenbar die Lichtgrenze mit der Erdaxe ebenfalls den Winkel ε bilden, da die Linien $\odot G$ und aq diesen Winkel einschlieſsen und auf jenen beiden bezüglich senkrecht stehen. Die Polarkreise berühren somit die Lichtgrenze, und zwar bleibt die nördliche Polarzone stets auf der Licht-, die südlichere dagegen stets auf der Schattenseite der Erde. Es ist dort also fortwährend Tag, hier fortwährend Nacht. Mit Ausschluſs der Punkte auf dem Äquator sind auf den übrigen Punkten der Erde Tag und Nacht verschieden, und zwar auf der nördlichen Halbkugel die Tage, auf der südlichen die Nächte länger.

In I sind die Beleuchtungsverhältnisse der Erde denen in G gerade entgegengesetzt.

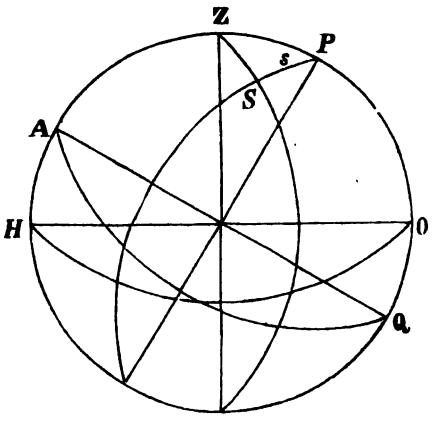
IV. Dauer des Tages unter den verschiedenen Zonen.

1) Bezeichnen (Fig. 17) Z, P, S bezüglich Zenith, Pol und Sonne, und behalten wir im übrigen die frühere Bezeichnung (vergl. 3. Kap.) bei, so haben wir

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s.$$

Sind h, φ, δ gegeben, so kann man hieraus den Stundenwinkel s, und mit dessen Hilfe die Zeit bis zur Sonnenkulmination (Mittag) berechnen. Der Tag dauert von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang, der halbe Tag (Vormittag) also von Sonnenaufgang bis Mittag. Um diesen zu finden,

Fig. 17.



brauchen wir demnach nur den Stundenwinkel der Sonne bei ihrem Aufgange, d. h. den Wert von s für $h = 0$ zu kennen. Betrachten wir nun die Deklination während eines Tages als unveränderlich, so erhalten wir für $h = 0$:

$$\cos s = -\operatorname{tang}\delta \operatorname{tang}\varphi.$$

Genauer sagt man, die Sonne gehe auf, wenn ihr Mittelpunkt im Horizont gesehen wird. Die atmosphärische Strahlenbrechung ist aber im Horizont 34′ 54″,1; somit ist für den Sonnenaufgang $h = -34'\,54'',1$ zu setzen. Die Sternzeit s ist in mittlere Zeit zu verwandeln. Die Deklination der Sonne wird für den Augenblick der Kulmination angegeben und mufs daher für den Aufgang proportionaliter verrechnet werden. Ähnlich ist mit der Zeitgleichung zu verfahren; man darf sich deshalb nicht wundern, dafs der Mittag die Zeit zwischen Auf- und Untergang der Sonne nicht genau halbiert. (Vergl. Kap. 8, IV.)

2) Da die Deklination in den Sonnenwenden ihrer absoluten Gröfse nach am gröfsten und im Sommersolstitium $+\varepsilon$ und im Wintersolstitium $-\varepsilon$ ist, so hat man zur Berechnung der Dauer des längsten und kürzesten Tages die Formel

$$\cos s = \mp \operatorname{tang}\varepsilon \operatorname{tang}\varphi.$$

3) Um nun die Länge des Tages unter den verschiedenen Zonen zu finden, haben wir zunächst unter dem Äquator $\varphi = 0$; es geht somit die Gleichung in

$$\cos s = 0$$

über, woraus sich $s = 90°$ und also die Dauer des Tages $= 12$ Stunden bestimmt.

4) Unter den Wendekreisen ist $\delta = \varepsilon$ und auch $\varphi = \varepsilon$, folglich

$$\cos s = \mp \operatorname{tang}^2 \varepsilon,$$

wodurch der längste und kürzeste Tag bestimmt wird.

5) Unter den Polarkreisen ist $\varphi = 90° - \varepsilon$, und wir erhalten somit für den längsten und kürzesten Tag

$\cos s = \mp 1$, d. h.

$s = 180$ und $s = 0$ (vergl. III, 2. d. Kap.)

6) Damit s in der Formel $\cos s = -\operatorname{tg}\delta \,.\, \operatorname{tg}\varphi$ reell existiere, damit also überhaupt von einem täglichen Aufgang der Sonne die Rede sein könne, muſs $\operatorname{tg}\delta \,.\, \operatorname{tg}\varphi < 1$, d. h. $\operatorname{tg}\delta < \operatorname{cot}\varphi$ oder $\operatorname{tg}\delta < \operatorname{tg}(90 - \varphi)$ sein. Hieraus folgt $\delta < 90 - \varphi$. Der gröſste Wert für δ ist $\varepsilon = 23\frac{1}{2}°$, demgemäſs kann von einem täglichen Sonnenaufgang nur für Breiten unter $66\frac{1}{2}°$ die Rede sein. Für höhere Breiten bleibt von dem Augenblick ab, wo $\delta = 90 - \varphi$ wird, die Sonne so lange über dem Horizont, bis δ nach Überschreitung seines Maximalwertes wieder auf $90 - \varphi$ herabgesunken ist. — An den Polen ist diese Zeit also ein halbes Jahr; hier ist der veränderte Stand der Sonne, weil auch der Begriff der Mittagslinie imstiche läſst, nur eine Folge der Veränderung der Deklination. An allen übrigen Orten zwischen $66\frac{1}{2}°$ und $90°$ Breite ist die untere Kulminationshöhe gleich der Deklination — Äquatorshöhe, die obere Kulminationshöhe gleich Deklination + Äquatorshöhe. Der Stundenwinkel folgt aus Nr. 1 dieses Abschnitts.

V. Dauer der Dämmerung.

1) Da das Licht der Sonne, wenn sie noch unter dem Horizonte steht, von der Atmosphäre reflektiert wird, so entsteht auf der Erdoberfläche ein Mittelzustand zwischen Dunkelheit und Helligkeit, welchen wir *Dämmerung* nennen.

2) Man unterscheidet zwischen *astronomischer* und *bürgerlicher Dämmerung*. Die erste *beginnt* vor Sonnenaufgang, wenn die kleineren Sterne zu verschwinden anfangen, welches der Fall ist, wenn die Sonne 18° unter dem Horizonte steht. Die bürgerliche Dämmerung wird früh von der Zeit an gerechnet, wo die Gegenstände auf der Erde deutlich unterschieden werden können. Man nimmt diesen Beginn an zur Zeit, wo die Sonne etwa noch 6° unter dem Horizonte steht. Ein Parallelkreis zum Horizont in 18° Abstand unterhalb heiſst der *Dämmerungskreis*. Sobald die Sonne in denselben tritt resp. ihn verläſst, beginnt oder hört die astronomische

Dämmerung auf. In der Nordhälfte der Bahn ist für den tiefsten Stand der Sonne, d. h. für die untere Kulminationshöhe h offenbar $\varphi+h+\delta=90$. Ist also $90-\varphi-\delta<18°$, so tritt die Sonne aus dem Dämmerungsgürtel gar nicht heraus.

3) Nach diesen Angaben hat die Berechnung der Dauer jeder Dämmerungsart für einen gegebenen Tag keine Schwierigkeit mehr. Wir suchen zunächst den Stundenwinkel der Sonne aus der Formel $\sin h = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos s$, indem wir $h = -18°$ resp. $= -6°$ einsetzen. Subtrahiert man von dem in Zeit ausgedrückten Stundenwinkel die aus IV gefundene Vormittagsdauer, so erhält man die Dauer der Dämmerung.

Um z. B. für Halle die Dauer der astronomischen Dämmerung zur Zeit der Äquinoktien zu finden, hat man in die Formel

$$\cos s = -\frac{\sin h + \sin\delta \sin\varphi}{\cos\delta \cos\varphi},$$

$$h = 18°,\ \delta = 0,\ \varphi = 51°\,29'\,22''$$

einzusetzen, wodurch man erhält

$$\cos s = -\frac{\sin 18°}{\cos 51°29'22''}$$
$$= -\cos 60°\,14'\,43{,}8''$$
$$= \cos 119°\,45'\,16{,}2'',$$

mithin
$$s = 119°\,45'\,16{,}2'',$$
$$= 119°{,}755.$$

Bezeichnet nun x die wahre Zeit des Dämmerungsanfanges, so ist

$$x = \frac{119{,}755}{15} = 7^h{,}984.$$

Da die Dauer des Vormittags 6 Stunden beträgt, so ist die Dämmerungsdauer

$$7{,}984 - 6 = 1^h{,}983.$$

Wird in der obigen Formel $h = 6°$ gesetzt, so wird die Dauer der bürgerlichen Dämmerung erhalten.

Zur Zeit des Sommersolstitiums ist $\delta = \varepsilon = 23°\,27'\,35''$, folglich für Halle $90 - \varphi - \delta = 15°\,3'\,3''$ d. h. kleiner als 18°.

Da die Sonne nicht 18° unter den Horizont sinken kann, so dauert die Dämmerung die ganze Nacht hindurch an.

Für das Wintersolstitium ist $\delta = -\varepsilon$, folglich für Halle

$$\cos s = \frac{\sin 23°\,27'\,35''\sin 51°\,29'\,22'' - \sin 18°}{\cos 23°\,27'\,35''\cos 51°\,29'\,22''}$$
$$= \cos 89°\,45'\,10'',$$
$$s = 89°\,45'\,10'',$$
$$= 89°\,75,$$

mithin
$$x = \frac{89{,}75}{15} = 5^h{,}98.$$

Nun ist die Vormittagsdauer zur Zeit des Wintersolstitiums in Halle 3,79, folglich die Dämmerungsdauer

$$5{,}98 - 3{,}79 = 2^h{,}19.$$

4) Befindet sich die Sonne auf der südlichen Hälfte der Ekliptik, so ist im Augenblick der unteren Kulmination sichtlich $\varphi + h - \delta = 90°$. Die andauernde Dämmerung beginnt also, wenn $90 + \delta - \varphi = 18°$ ist und dauert an, so lange $90 + \delta - \varphi < 18°$ ist. Für den Nordpol ist $\varphi = 90$, und da δ höchstens $23\frac{1}{2}°$ ist, so währt die Dämmerung fast den ganzen Winter hindurch.

VI. Jahreszeiten unter verschiedenen Zonen.

1) Wir haben bereits früher die Anfänge der Jahreszeiten näher bestimmt und können noch hinzufügen, daſs der Sommer für einen bestimmten Ort beginnt, wenn die Sonne ihre gröſste Mittagshöhe erreicht, der Winter hingegen, wenn die Sonne ihre kleinste Höhe hat. Die mittleren Höhen bestimmen den Frühlings- und Herbstanfang. Die Erwärmung hängt nämlich aus physikalischen Gründen von dem Winkel ab, unter welchem die Sonnenstrahlen auf den Erdboden aufprallen; sie wächst mit dem Winkel und nimmt mit ihm ab, so daſs sie bei senkrechter Incidenz (Sonne im Zenith) ihren Maximalwert erreicht. Nach diesen Festsetzungen bestimmen sich jene vier Jahresabschnitte für die gemäſsigte und kalte Zone sehr einfach. Anders verhält es sich jedoch in der heiſsen Zone.

2) Alle Punkte der heiſsen Zone haben offenbar die Sonne, da dieselbe von einem Wendekreise bis zum anderen und wieder zurückläuft, zweimal des Jahres in ihrem Zenith, und sie erreicht also zweimal ihre gröſstmögliche Höhe. Darnach giebt es für diese Zone einen doppelten Sommersanfang. In gleicher Weise steigt die Sonne bei Erreichung der Solstitien zweimal des Jahres zu kleinsten Höhen herab, wodurch ebenfalls zwei Wintersanfänge bestimmt werden. Die mittleren Höhen bezeichnen ebenso zwei Frühlings- und zwei Herbstanfänge.

3) Wir haben bereits gesehen, daſs die Bewohner der Polarzone wenigstens während eines Tages des Jahres die Sonne rings um den Horizont herumlaufen sehen. Sie werden deshalb

während dieser Zeit nach allen Richtungen ihren Schatten, man nennt sie die *Umschattigen* (*περίσκιοι*).

4) In der gemäfsigten Zone ist dies nicht der Fall, denn in der nördlichen steht die Sonne stets südlich und in der südlichen stets nördlich. Die Bewohner heifsen deshalb die *Einschattigen* (*ἑτερόσκιοι*).

5) Aus 2) ergiebt sich, dafs die Bewohner der heifsen Zone die Sonne während eines Teiles des Jahres südlich, während des anderen nördlich haben. Sie heifsen deshalb die *Zweischattigen* (*ἀμφίσκιοι*). Zur Zeit, wo sie die Sonne im Zenith haben, heifsen sie auch wohl die *Unschattigen* (*ἄσκιοι*).

Anmerkung. Aufser der Einteilung der Erdoberfläche in Zonen hatte man ehedem noch eine Einteilung in *Klimate*. Man versteht darunter ebenfalls von Parallelkreisen gebildete Zonen: Das erste Klima geht vom Äquator bis zu dem Parallelkreise, unter welchem der *längste* Tag 12½ Stunden dauert; die folgenden Klimate werden durch die Parallelkreise bestimmt, unter welchen der *längste* Tag immer ½ Stunde länger ist, als im vorhergehenden. Die Grenzen der Klimate findet man leicht mit Hilfe der unter IV, 2) aufgestellten Formel

$$\operatorname{tg}\varphi = -\frac{\cos s}{\operatorname{tg}\varepsilon},$$

indem man für s nach und nach die den Hälften der angegebenen Tageslängen entsprechenden Stundenwinkel substituiert. *Strabo* zählte, indem er die Erde nur bis zur Breite von 52° für bewohnbar hielt, acht, Ptolemäus dreizehn Klimate auf; gegenwärtig ist diese Einteilung nur noch von historischem Interesse.

Siebentes Kapitel.

Der Mond in seinem Verhältnis zur Erde und Sonne.

I. Bewegung desselben um die Erde und mit dieser um die Sonne.

1) Der Mond bewegt sich in einer der täglichen Bewegung entgegengesetzten Bahn, also rechtläufig. Man überzeugt sich davon durch Vergleichung eines scheinbaren Orts mit dem eines Fixsterns; er legt ungefähr 13° täglich von W. nach O. zurück.

2) Die Bahn, auf die Erde als festen Ort bezogen, ist elliptisch und zwar geht ihre Fläche durch den Mittelpunkt der Erde und hat diesen in einem ihrer Brennpunkte. Die Excentricität der Mondbahn ist 0,0548442. Für diese Bewegung des Mondes ist also die Erde dasselbe, was die Sonne für die Erde ist. Die scheinbare Bahn ist ein größter Kreis an der Himmelskugel.

3) Die Mondbahn fällt nicht mit der Ekliptik zusammen, sondern ist gegen sie unter einem Winkel von 5° 8′ 48″ geneigt und schneidet sie also zweimal. Der Punkt, durch welchen der Mond von der Südseite der Ekliptik kommend hindurchgeht, heißt der *aufsteigende Knoten* (☊), der andere Durchgangspunkt durch die Ekliptik heißt der *niedersteigende Knoten* (☋).

4) Die Zeit bis zur Wiederkehr des Mondes zu demselben Knoten heißt der *drakonische* oder *Drachen-Monat*. Er beträgt 27 Tage 5 St. 5 Min. 28,9 Sek.

5) Die Knoten nehmen nicht immer dieselbe Stelle in der Ekliptik ein; sie rücken immer westlicher fort und gehen so in rückläufiger Bewegung um die ganze Ekliptik herum. Die Zeit, binnen welcher ein Knoten die ganze Ekliptik durchläuft, dauert ungefähr 18,6 Jahre.

6) Die Zeit, nach welcher der Mond in seiner Bahn zu denselben Fixsterne zurückkehrt, heißt der *siderische Monat*. Seine Dauer ist 27 Tage 7 St. 43 Min. 11,5 Sek.

7) Da im Verlauf eines siderischen Monats der Frühlingspunkt von Ost nach West fortrückt und dem Monde entgegenkommt, so kehrt dieser etwas früher zu derselben Länge zurück. Die Zeit, nach welcher dies geschieht, ist deshalb etwas kürzer als der siderische Monat und heißt der *tropische Monat*. Seine Dauer ist 27 Tage 7 St. 43 Min. 4,7 Sek.

8) Daß der Mond eine elliptische Bahn durchläuft, wurde bereits bemerkt. Dafür daß die Bahn nicht kreisförmig ist, spricht schon der zu verschiedenen Zeiten verschiedene Gesichtswinkel, unter welchem wir den Mond erblicken. Wie man vom Aphelium und Perihelium der Erdbahn spricht, so nennt man analog die entsprechenden Punkte der Mondbahn das *Apogäum* und *Perigäum*. In jenem ist der Mond 63,534 in diesem 57,012 Erdradien entfernt. Seine mittlere Entfernung ist 60,273 Erd-

radien oder rund 52000 Meilen. Sein Radius ist gleich $\frac{1}{11}$ = 0,273 Erdradien. Die Umlaufszeit des Mondes von der Erdnähe bis wieder dahin nennt man den anomalistischen Monat. Seine Dauer ist 27 Tage 13 St. 21 Min. 3 Sek.

9) Da sich der Mond mit der Erde auch um die Sonne bewegt, so wird seine wirkliche Bahn im Sonnensystem eine bald oberhalb bald unterhalb der Ekliptik sich hinziehende Kurve sein müssen, von welcher wir uns leicht eine Vorstellung verschaffen können, wenn wir approximativ die Mondsbahn um die Erde und die der letzteren um die Sonne als Kreise ansehn. Während der Mond seinen Kreis beschreibt, rückt der Mittelpunkt des Kreises auf der Peripherie der Ekliptik fort oder, was dasselbe ist, es rollt die Mondsbahn auf einem mit der Ekliptik konzentrischen Kreise fort, dessen Radius um die Entfernung des Mondes von der Erde kleiner ist als der Radius der Ekliptik. Darum würde annäherungsweise die wirkliche Mondsbahn (Bahn um die Sonne) eine *Epicykloide* sein, wie sie ein Nagel im Radkranze, wenn das Rad anstatt auf ebener Erde um die Peripherie eines Kreises rollte, beschreiben würde. In Wahrheit ist die Mondsbahn eine sehr flachgedrückte Schraubenlinie, welche sich in einem Jahre 12,4 mal um die Erdbahn herumwindet, ohne zum Anfang zurückzukehren; der Sonne kehrt die Bahn stets die konkave Seite zu.

11. Lichtgestalten des Mondes. (Mondphasen.) Axendrehung.

10) Der Mond hat kein eigenes Licht, sondern empfängt es [illegible] von der Sonne. Es ist deshalb nur die der Sonne zugekehrte Seite erhellt, die andere ist dunkel. Zugekehrt ist uns offenbar derjenige Teil des Mondes, den ein auf der Gesichtslinie senkrechter größter Kreis des Mondes abschneidet. Erleuchtet ist hingegen diejenige Mondhälfte, welche nach der Sonnenseite von einem auf der Verbindungslinie des Mond- und des Sonnenmittelpunkts senkrechten größten Kreise des Mondes (die Sonnenstrahlen werden als parallel betrachtet) abgeschnitten wird. Von der Neigung beider Kreise gegen einander [illegible] offenbar die Lichtgestalten abhängen, unter [illegible] der Mond zu verschiedenen Zeiten erscheint.

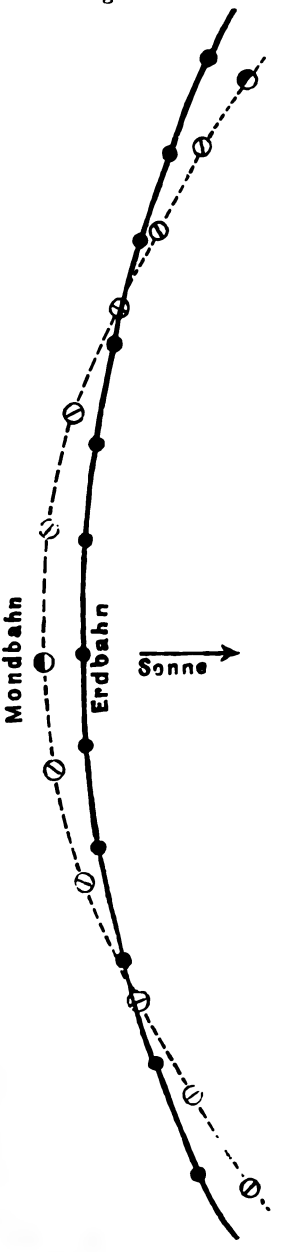
11) Wenn der Mond mit der Sonne dieselbe Länge hat, oder, um einen astronomischen Ausdruck zu gebrauchen, beide Gestirne in *Konjunktion* (☌) stehen, so fallen die beiden vorher erwähnten Ebenen nahe zusammen. Der Mond kehrt uns, da er zwischen der Erde und der Sonne steht, seine dunkle Seite zu, wir sehen also nichts von ihm. Man sagt dann, der Mond sei im *Neumond* oder wir haben Neumond.

12) Sind die Längen der Sonne und des Mondes um 180° verschieden, oder befinden sich beide, wie man dann sagt, in *Opposition* (☍), so fallen wieder die vorher bezeichneten Kreise nahe zusammen, aber der Mond kehrt uns, da wir zwischen ihm und der Sonne uns befinden, seine volle erleuchtete Seite zu. Wir haben *Vollmond.*

13) Hat der Mond eine um 90° größere Länge als die Sonne, so stehen die zwei Ebenen ziemlich senkrecht aufeinander. Die uns zugekehrte Seite ist nur zur Hälfte nach Westen zu erleuchtet, der Mond erscheint uns als Halbkreis. Wir sagen, der Mond stehe im *ersten Viertel.*

14) Hat der Mond endlich eine um 270° größere Länge als die Sonne,

Fig. 18.



so stehen die zwei Ebenen wieder [illegible] senkrecht aufeinander, die uns [illegible]kehrte Seite ist ebenfalls nur [illegible]älfte, und zwar [illegible] Osten zu, [illegible]t, und der [illegible]scheint

[illegible] Halbkreis. Wir sagen, der Mond

[illegible] der Mond die genannten Licht-
[illegible] erscheint er uns in Sichelform*)
[illegible] Umlaufung einer Kugel um ein Licht
[illegible] Neumond und Vollmond heißen in der
[illegible] die beiden Viertel hingegen
[illegible] Sonne. Mond und Erde durch
[illegible] bilden die Stellung

[illegible] den Neumond,
[illegible] das erste Viertel,
[illegible] den Vollmond,
[illegible] das letzte Viertel.

[illegible] Zeit der Syzygien und Quadraturen

[illegible] aufeinander folgenden Neumonde
[illegible] oder eine Lunation. Er ist läng
[illegible] Neumonden auch die Erd
[illegible] in ihrer Bahn in 27¼ Tag
[illegible] Ähnliches stat
[illegible] Seine Länge ist 29,53059 Tag

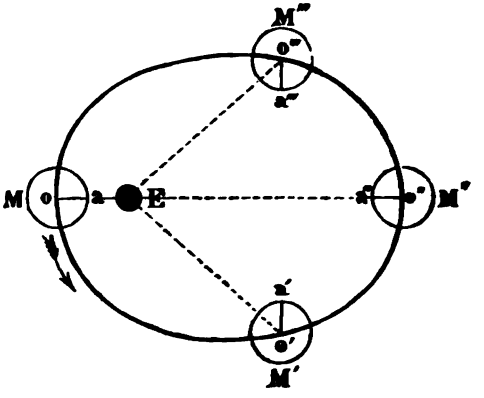
[illegible] Mond zugleich die Zeit, binnen
[illegible] um seine Axe dreht. Die auf
[illegible] Berge beweisen nämlich, daß
[illegible] stets eine Seite zukehrt und sich also in
[illegible] nur einmal um seine Axe dreht.
[illegible] *sind gleich*. Hieraus folgt, daß
[illegible] ungefähr 14¾ Tage Tag und ebenso lange

Die Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik ist 1½°
[illegible] gegen die Mondbahn 6½°. Es folgt hieraus, daß

*) Bildet die Sichel die vordere Seite eines *a*, so ist der Mond [illegible]mond, bildet sie aber das obere Stück eines 3, so ist der Mond zunehmend; [illegible] auch bei der Form C ist der Mond Decrescens, bei der Form [illegible] Crescens. (Der Mond lügt: Crescendo decrescit, decrescendo cres

die Jahreszeiten auf dem Monde unter sich weit weniger verschieden sind, als auf der Erde. Ferner ergiebt sich daraus, dafs wir bald etwas mehr von der nördlichen, bald mehr von der südlichen Gegend des Mondes zu sehen bekommen (*Libration der Breite*, d. h. Libration bezogen auf den Mondäquator). Ebenso folgt aus der *Gleichheit* der Rotations- und Revolutionszeit in Verbindung mit seiner *elliptischen* Bahn um die Erde, dafs die Visierlinie von der Erde nach dem Centrum der sichtbaren Mondscheibe nicht immer denselben Punkt trifft, im Perigäum und Apogäum z. B. dieselbe Lage hat, aber nach $\frac{1}{4}$ oder $\frac{3}{4}$ der Umlaufszeit, vom Perigäum aus gerechnet, bis nahe 8° nach O oder W abweichen kann. Hat der Mond den vierten Teil seiner Umlaufszeit sich bewegt und ist von *M* nach *M'* gekommen, so hat er auch ein Viertel seiner Axendrehung vollendet, der Radius oa ist vermöge 90° Drehung in die Lage o'a' gekommen und deckt sich nicht mehr mit der Visierlinie *o'E*. Die in *o'* auf der Visierlinie *o'E* senkrechte Ebene grenzt den sichtbaren Teil des Mondes ab, welcher von dem in *M* abweicht. U. s. w. (*Libration der Länge*, d. h. Libration bezogen auf einen Mondmeridian.) Auch von verschiedenen Standpunkten auf der Erdoberfläche sind die Ansichten der Oberfläche nicht genau dieselben wegen der verhältnismäfsigen Nähe des Mondes. (*Parallaktische Libration.*)

Fig. 19.



19) Den Durchmesser des Mondes hat man = 468 geographischen Meilen gefunden.

III. Mond- und Sonnenfinsternisse.

20) Die ... zur Zeit der Syzygien eintreten, genauer, wenn di... Mondbahn auf die Sonne gerichtet ist

und der Mond sich in dem einen Knoten befindet. Da die Sonne nämlich gröfser ist als die Erde und der Mond, so werden die beiden letzteren bei der Bestrahlung durch die Sonne Schattenkegel bilden, deren Lage und Gestalt aus den Durchmessern und dem Ort der Sonne, der Erde und des Mondes gefunden werden können. Zur Zeit des Neumondes kann nun die Erde in den Schatten des Mondes treten, dann wird dieser dem Beobachter auf der Erde ganz oder zum Teil die Sonne verdecken. Es entsteht eine *Sonnenfinsternis.*

21) Befindet sich das Auge des Beobachters auf der Erde mit den Mittelpunkten der Sonne und des Mondes in gerader Linie, was nur der Fall sein kann, wenn sich der Mond in der Ekliptik (daher auch dieser Name) befindet, so ist die Sonnenfinsternis *total* oder *ringförmig.* [Eintreten der Erde in den Halb- und Kernschatten.] Die Sonnenfinsternis beginnt am westlichen Rande der Sonne.

22) Befindet sich der Beobachter nicht innerhalb des Kernschattens des Mondes, so ist die Sonnenfinsternis nur *partial.* Nach dem bestehenden Gröfsenverhältnis der Erde und des Mondes im Vergleich mit der Sonne und der Ausdehnung ihrer Bahnen ist jede Sonnenfinsternis nicht auf der ganzen Erde, sondern nur auf einem schmalen Streifen ihrer Oberfläche sichtbar, denn der Kernschatten des Mondes hat höchstens 38 geogr. Meilen im Durchmesser, bestreicht also auch nur eine Zone der Erde von dieser Breite.

23) Befindet sich zur Zeit des Vollmonds dieser in der Ekliptik oder in deren Nähe (unter 13° vom Knoten), so wird er vom Schatten der Erde ganz oder teilweise verdunkelt werden. Wir haben dann eine *totale* oder *partiale Mondfinsternis.*

24) Da die Erde viel gröfser als der Mond ist, so reicht die Spitze des Erdschattenkegels immer weit über den Mond hinaus, und es kann deshalb die Mondfinsternis nie ringförmig erscheinen.

25) Da der Mond bei einer Mondfinsternis wirklich an der Stelle, wo der Erdschatten hinfällt, seines Lichtes beraubt wird, so mufs diese Stelle auf *allen* Punkten der Erde, von welcher aus der Mond überhaupt gesehen werden kann, in demselben Zeitmomente verfinstert erscheinen. Deshalb lassen sich diese Verfinsterungen auch zur Bestimmung des Längenunterschieds zweier Orte benutzen. (Vgl. 3. Kap. IV.) Freilich behindert der

allmäliche Übergang aus dem Halbschatten in den Kernschatten und umgekehrt so sehr die Genauigkeit der Beobachtungen, dafs dies Verfahren aus dem angegebenen Grunde einen grofsen Teil seines Wertes verliert.

26) Da die Finsternisse von der Stellung des Mondes gegen die Erde und Sonne, also vom synodischen Monat und zugleich vom Eintreten des Mondes in die Ekliptik oder deren Nähe, also vom drakonischen Monat abhängen, so hat man, um zu ermitteln, nach welcher Zeit die Sonnen- und Mondfinsternisse wieder in derselben Ordnung wiederkehren werden, nur zu untersuchen, nach welcher Zeit eine Anzahl synodischer Monate mit einer Anzahl drakonischer Monate gerade eine gleiche Anzahl Tage enthält. Eine Antwort darauf liefern uns die Näherungswerte des als Kettenbruch dargestellten Bruchs $\frac{27{,}21214}{29{,}53059}$. Der dem wahren Werte schon ziemlich nahe 6. Näherungsbruch $\frac{223}{242}$ zeigt, dafs nach 223 synodischen Monaten, d. h. 18 bürgerlichen Jahren und 11 Tagen, die Aufeinanderfolge der Finsternisse wieder die frühere sein wird. Für die Sonnenfinsternisse ist dies aber nicht localiter (an einem Ort durchschnittlich alle zwei Jahre eine Sonnenfinsternis und 3 mal soviel Mond- als Sonnenfinsternisse) richtig, sondern nur für die Erde als Ganzes zutreffend.

IV. Vom Monde abhängige Zeitbestimmungen.

27) *Mondjahr.* Manche Völker, z. B. die Türken, Araber u. s. w., bestimmen die Zeit nach *Mondjahren*, also nach der Wiederkehr gleicher Mondphasen. Ein Mondjahr enthält 12 synodische Monate oder 354,367044 Tage = 354 Tagen 8 St. 48 Min. 37,96 Sek. Die Monate werden abwechselnd zu 29 und 30 Tagen gerechnet. Die vernachlässigten Bruchteile betragen deshalb in 30 Jahren fast genau 11 Tage, welche in den Jahren 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26, 29 der 30jährigen Periode an jedem Jahresschlusse eingeschaltet werden.

28) *Mondzirkel.* Mit diesem Namen belegt man den Zeitraum, nach welchem die Mondphasen wieder auf dieselben Monatstage des tropischen Jahres fallen. Es wird dies also ein Zeitraum sein, welcher gleich einer gewissen Anzahl (x) tropischer Jahre und gleichzeitig gleich einer gewissen Anzahl (y) synodischer Monate ist. Es findet also für denselben die Gleichung statt

$$365{,}24224 \,.\, x = 29{,}53059 \,.\, y.$$

Bestimmt man die Näherungswerte des als Kettenbruch dargestellten Bruchs

$$\frac{x}{y} = \frac{29{,}53059}{365{,}24224},$$

so findet man als einen dem wahren Werte sehr nahen Bruch $\frac{19}{235}$, so daſs also ziemlich genau (Differenz c. $1\frac{1}{2}$ Stunde) 19 tropische Jahre = 235 synodischen Monaten sind. Dieser Zeitraum von 19 Jahren heiſst der *Mondzirkel.* (Meton. 433 v. Chr.)*)

29) *Goldene Zahl.* Man hat den Anfang eines Mondzirkels auf das Jahr 1 v. Chr. gesetzt und nennt die Zahl, welche anzeigt, das wievielste ein gegebenes Jahr im Mondzirkel sei, die *goldene Zahl.* Man wird dieselbe deshalb finden, wenn man den Rest sucht, welcher bleibt, wenn man die Jahreszahl mit 19 dividiert und den Rest um 1 vermehrt. So erhält man für das Jahr 1878 durch Division mit 19 den Quotienten 98 und den Rest 16. Es ist somit 16 + 1 = 17 die goldene Zahl des Jahres 1878. (Wegen des beim Mondzirkel begangenen Fehlers muſste natürlich die Bestimmung der Neumonde durch die goldene Zahl unrichtig werden. In der That fallen die Neumonde nach 310 Jahren um einen Tag und nach 1240 Jahren um vier Tage später, als die goldene Zahl angiebt. Im Mittelalter wurde die Nummer des Jahres im Mondzirkel mit goldener Tinte geschrieben.)

30) *Epakte oder Mondzeiger* (ἡμέραι ἔπακτοι, Schalttage). Man versteht darunter die Zahl, welche angiebt, wie viel Tage nach dem letzten Neumonde, den Tag des Neumondes mit eingerechnet, am 1. Januar eines Jahres verflossen sind. (Kirchliche Epakte.) Fällt der Neumond in einem Jahre auf den 1. Januar, so ist die Epakte dieses Jahres = 0, des folgenden, d. h. also des ersten Jahres im Mondzirkel weil der Unterschied zwischen dem julianischen Jahr und 12 Lunationen 10,883 oder rund 11 Tage beträgt, = 11, des zweiten Jahres = 22. Die Epakte des dritten Jahres würde 33 sein: da aber in diesen

*) Das Lunisolarjahr der Griechen hatte 6 Monate zu 30 und 6 Monate zu 29 Tagen; das macht zusammen 354 Tage. Zur Korrektion diente die *Oktaedris.* Es sind nämlich 8 solcher Mondjahre und 3 Monate zu 30 Tagen genau gleich 8 Sonnenjahren zu $365\frac{1}{4}$ Tag d. h. gleich 2922 Tagen. Jene 3 Monate wurden daher im 3., 5. und 8. Jahre der Oktaëdris eingeschaltet. Soweit $365\frac{1}{4}$ Tage das Jahr korrekt darstellen, ist diese Schaltmethode sachgemäſs. Das Jahr ist aber zu lang angenommen. *Meton* bemerkte nun, daſs 19 Jahre von 225 Lunationen fast gar nicht abweichen (es sind nahezu 2 Stunden weniger). Gab man jedem Monat 30 Tage, so muſsten innerhalb der 235 Lunationen 110 Tage ausfallen, alle 63 Tage einer; hinwiederum muſsten von den 19 Jahren sieben zu 13 Jahren gerechnet werden, um sie auf 235 Lunationen zu bringen. Das ist das Metonsche System. *Kallippus* (330 v. Chr.) fand, daſs die Metonsche Periode von 6940 Tagen um 6 Stunden etwa zu groſs ist, daher lieſs er nach 4 Metonschen Perioden einen Tag fort.

Zeitraum wieder ein Neumond fällt, so ist ein synodischer Monat = rund 30 Tagen in Abzug zu bringen; die Epakte ist also = 3. Um die julianische Epakte zu finden, hat man demnach die goldene Zahl mit 11 zu multiplizieren und die Zahl 30, so oft als es angeht, zu subtrahieren; der Rest ist die gesuchte Zahl.

Da der gregorianische Kalender gegen den julianischen in diesem (dem 19.) Jahrhundert um 12 Tage differiert, so wäre von der julianischen Epakte 12 zu subtrahieren; da aber die Korrektion der julianischen Epakte in dem Zeitraume seit der gregorianischen Verbesserung beinahe einen Tag beträgt, so hat man, um die gregorianische Epakte zu bestimmen, von der julianischen nur 11 zu subtrahieren, nachdem man, wenn es nötig ist, zuvor 30 dazu addiert hat. (Für 1900 bis 2200 geht die Differenz in 12 über.) Für das Jahr 1878 ist die goldene Zahl (siehe 29.) = 17, folglich die julianische Epakte = $17 \cdot 11 - 180 = 7$ und die gregorianische = $7 + 30 - 11 = 26$. Um eine allgemeine Regel zur unmittelbaren Bestimmung der gregorianischen Epakte aus der goldenen Zahl für das 19. Jahrhundert zu erlangen, haben wir nach dem Vorigen, wenn g die goldene Zahl und e die gregorianische Epakte eines Jahres bezeichnet:

$$g \cdot 11 - n \cdot 30 + 30 - 11 = e.$$

Da $+30$ nur dann hinzukommt, wenn 11 sich nicht subtrahieren läfst, so können wir gleich n so gewählt denken, dafs diese Subtraktion ausführbar bleibt, und können deshalb auch schreiben

$$g \cdot 11 - n \cdot 30 - 11 = e,$$
$$\text{oder } (g-1)11 - n \cdot 30 = e,$$
$$\text{oder } \frac{(g-1)11}{30} = n + \frac{e}{30}.$$

Wir erhalten somit die Regel:

Um die gregorianische Epakte für ein gewisses Jahr des 19. *Jahrhunderts zu finden, multipliziere man die um* 1 *verminderte goldene Zahl dieses Jahres mit* 11 *und dividiere das Produkt durch* 30. *Der Rest giebt die Epakte an.*

Für das Jahr 1878 haben wir also

$$\frac{(17-1)11}{30} = \frac{176}{30} = 5 + \frac{26}{30}.$$

Die Epakte ist also 26, wie oben auch gefunden wurde.

31) *Osterfest.* Auf dem Concilium zu Nicäa (325 n. Chr.) wurde festgesetzt, *dafs Ostern an dem Sonntage gefeiert werden solle, welcher zunächst auf den ersten Vollmond nach dem Frühlingsäquinoctium folgt und dafs letzteres stets auf den* 21. *März fallen solle. Fällt jener erste Vollmond selbst auf einen Sonntag, so soll Ostern auf den nächstfolgenden verlegt werden.* Es geht hieraus hervor, dafs der Ostersonntag *frühestens* auf den 22. März fallen kann; dies wird nämlich geschehen, wenn der 21. März ein Sonnabend und zugleich ein Vollmondstag ist. Ist dagegen der 20. März ein Sonnabend und zugleich ein Vollmondstag, so fällt Ostern erst auf den Sonntag nach dem nächsten Vollmondstage, welches der 18. April und in diesem Falle ein Sonntag ist, so dafs Ostern dann auf den 25. April fällt, und das ist der *späteste* Ostertermin.

Den Ostervollmond bestimmt man aus dem vorhergehenden Neumonde, indem man von letzterem 15 Tage (den Neumondstag nicht mit gerechnet) weiter zählt. Es ergiebt sich deshalb aus dem Vorhergehenden, dafs die bestimmenden Neumondsgrenzen der 8. März und der 5. April sind. Da sich nun der zwischen diese Grenzen fallende Neumondstag aus der Epakte eines Jahres bestimmen läfst, so hat die Berechnung des Osterfestes für irgend ein Jahr keine Schwierigkeit mehr.*)

Die Epakte des Jahres 1878 ist 26, folglich ist den 3. Januar wieder Neumond, und der zwischen obigen Grenzen liegende Neumond fällt auf den 2. April, der Ostervollmond also auf den 17. April. Der Zeitraum vom 1. Januar bis 17. April ist = 107 Tagen = 15 Wochen 2 Tage, folglich ist den 17. April Mittwoch. Da nun der nächste Sonntag der Ostersonntag ist, so fällt Ostern auf den 21. April.

Die Ostersonntage von 1877 bis 1900 sind:

1877.	1. April.	1885.	5. April.	1893.	2. April.
1878.	21. April.	1886.	25. April.	1894.	25. März.
1879.	18. April.	1887.	10. April.	1895.	14. April.
1880.	28. März.	1888.	1. April.	1896.	5. April.
1881.	17. April.	1889.	21. April.	1897.	18. April.
1882.	9. April.	1890.	6. April.	1898.	10. April.
1883.	25. März.	1891.	29. März.	1899.	2. April.
1884.	13. April.	1892.	17. April.	1900.	15. April.

Wir lassen zum Schlufs noch die Regel von *Gaufs* zur Berechnung des Osterfestes folgen, für welche der Beweis im dritten Teile mitgeteilt werden wird.

1) Man dividiere die Jahreszahl der Reihe nach durch 19, 4 und 7, und nenne die Reste A, B, C.

2) Dividiere $19A+23$ (im 19. Jahrhundert, im 20. dagegen $19A+24$) durch 30 und nenne den Rest D.

3) Dividiere $2B+4C+6D+4$ (im 19. Jahrhundert, im 20. dagegen $+5$) durch 7, und nenne den Rest E.

---

*) Die Berechnung des Osterfestes mittelst der Epakten stimmt nicht immer mit der astronomischen Berechnung überein, denn es kann treffen, dafs der Ostervollmond nach letzterer in der Nacht auf den Sonntag vor Mitternacht, also noch am Sonnabend eintritt, während er nach den Epakten nach Mitternacht, also auf den Sonntag fällt, folglich Ostern erst 8 Tage später gefeiert wird. Früher bestimmten die Protestanten ihre Ostern nach dem astronomischen Eintritt des Vollmonds und es traf sich deshalb, z. B. im Jahre 1724, dafs sie ihr Ostern 8 Tage früher feierten als die Katholiken. Im Jahre 1775 wurde aber auch von den Protestanten der katholische Kalender als sogenannter verbesserter Reichskalender auf Friedrichs II. Befehl angenommen.

Dann fällt Ostern auf denjenigen *März*, den die Zahl $22+D+E$ anzeigt, oder falls $D+E>9$ ist, auf denjenigen *April*, den die Zahl $D+E-9$ anzeigt.

Zwei Ausnahmen hat diese Regel im gregorianischen Kalender. Giebt nämlich die Rechnung den 26. April, so ist der 19. zu nehmen und giebt sie den 25. April, und ist zugleich $D=18$ und $A>10$, so ist der 18. April zu nehmen.

Eine weitere Ausführung der Chronologie giebt der dritte Teil.

Achtes Kapitel.

Entfernung der Himmelskörper.

I. Bestimmung der Entfernung des Mondes.

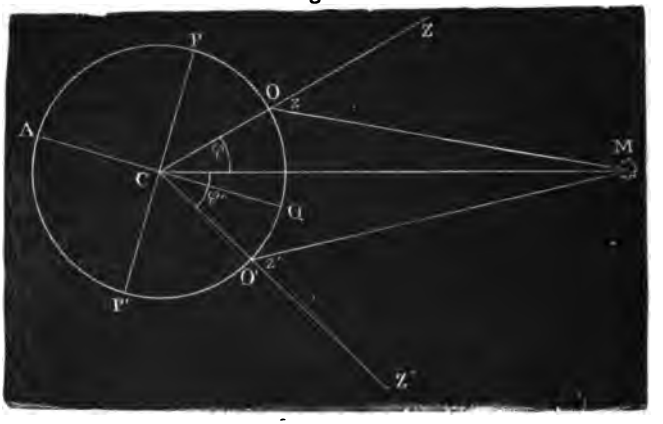
1) Die Entfernung zweier Orte A und B auf der Erdoberfläche, die so liegen, dafs man von dem einen nicht zum anderen kommen, wohl aber sehen kann, bestimmt man dadurch, dafs man z. B. von A aus eine Standlinie AC absteckt und dann mit einem winkelmessenden Instrumente die Winkel BAC und BCA, welche die gemessene Standlinie mit den von A und C nach B gerichteten Gesichtslinien bildet, mifst. Der Abstand AB läfst sich dann leicht durch die Proportion

$$AB : AC = \sin ACB : \sin (BAC + ACB),$$

in welcher alles aufser AB gegeben ist, finden.

2) Ein ähnliches Verfahren läfst sich auch bei der Bestimmung der Entfernung der näheren Himmelskörper vom Mittelpunkte der Erde in Anwendung bringen. Es möge der Kreis $APQP'$ einen Erdmeridian bezeichen, PP' sei die Erdaxe, C der Erdmittelpunkt. Wir nehmen an, dafs sich in O und O', also an zwei Orten der Erde, welche in einem und demselben Meridiane und auf verschiedenen Seiten des Äquators liegen, zwei Beobachter aufgestellt hätten: für diese wird deshalb offenbar jeder Himmelskörper in demselben Momente kulminieren. Bezeichnet nun z. B.

Fig. 20.



M den Mond, so kann jeder Beobachter mit Leichtigkeit die scheinbare Zenithdistanz des Mondes zur Zeit seiner Kulmination beobachten, sie möge z und z' sein. Ferner ist, wenn AQ den Äquator bezeichnet.

$OCQ = b$ die geographische Breite des Orts O,
$O'CQ = b'$ „ „ „ „ „ O'.

Sind diese Breiten bekannt, so ist offenbar der Winkel $OCO' = b+b'$. In dem Vierecke $MOCO'$ sind nun 3 Winkel bekannt: $180° - z$, $b+b'$ und $180° - z'$, hieraus ergiebt sich mit Leichtigkeit die Gröfse des 4. Winkels

$$OMO' = z + z' - b - b'.$$

Ist also der Erdradius $OC = OC' = r$ bekannt, so kennen wir in dem Vierecke $OCO'M$ zwei Seiten und die Winkel und können die übrigen Seiten durch Rechnung finden. (*Pothenotsche* Aufgabe) Setzen wir die noch unbekannten Winkel $OCM = \varphi$ und $O'CM = \varphi'$, so erhalten wir durch leichte trigonometrische Betrachtungen

$$\operatorname{tg} \tfrac{1}{2}[z - z' - (\varphi - \varphi')] = \frac{\operatorname{tg} \frac{1}{2}(z - z')}{\operatorname{tg} \frac{1}{2}(z + z')} \cdot \operatorname{tg} \tfrac{1}{2}(z + z' - b - b').$$

Mit Hilfe dieser Formel kann $\varphi - \varphi'$ gefunden werden; da nun auch $\varphi + \varphi' = b + b'$ bekannt ist, so kann man die einzelnen Winkel φ und φ' berechnen. Sind aber diese gefunden, so findet man $CM = x$ durch die Formel

$$x = \frac{r \sin z}{\sin (z - \varphi)} = \frac{r \sin z'}{\sin (z' - \varphi')}.$$

3) Die Bedingung, dafs die beiden Beobachtungspunkte genau in einem und demselben Meridiane gewählt werden, ist sehr schwer zu erfüllen; doch ist dies auch gerade nicht nötig. Wenn nur die Meridiane der beiden Orte einander ziemlich nahe stehen und man den Meridianunterschied kennt, so lassen sich die Resultate der Beobachtungen durch Interpolationen berichtigen.

Im Jahre 1751 machten *Wargentin* und *La Caille* die betreffenden Beobachtungen, ersterer zu Stockholm, letzterer am Kap der guten Hoffnung, zwei Orten, die ziemlich in demselben Meridiane liegen. Sie fanden die Zenithdistanzen des Mondes bezüglich gleich 61°13′33″ südlich und 33°20′24″ nördlich und ermittelten hieraus für die geozentrische Entfernung des Mondes

$$d = 58{,}5253 \text{ Äquatoreal-Halbmesser.}$$

Da (vgl. S. 11) $\frac{r}{d} = \sin P$ ist, so erhalten wir für die Horizontalparallaxe des Mondes 0°58′44,2″.

Führe diese Rechnung selbst durch!

II. Bestimmung der Horizontalparallaxe der Sonne.

1) *Halleys Vorschlag.* Das im vorhergehenden angegebene Verfahren, die Entfernung des Mondes zu finden, läfst bei der Sonne keine Anwendung zu. Bei der ungeheuren Entfernung der Sonne würden nämlich die den Linien OM und $O'M$ in voriger Figur entsprechenden Gesichtslinien nach der Sonne von parallelen Geraden kaum unterschieden werden können. Man mufste deshalb auf ein anderes Verfahren denken. Lange Zeit jedoch suchte man vergeblich nach einem zweckdienlichen Mittel, bis endlich *Halley* *) durch den auf St. Helena im Jahre 1677

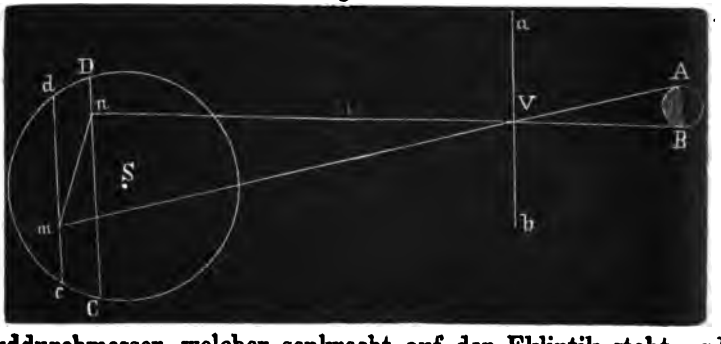
*) *Edmund Halley*, geb. zu Haggerston bei London (jetzt ein Teil Londons) am 29. Okt. 1656, löste schon in seinem 19. Jahre eine schwierige astronomische Aufgabe, betreffend die Abstände der Planeten von der Sonne und ihre Excentricität. Im J. 1676 wurde er von der Regierung nach St. Helena geschickt, um die südliche Himmelshemisphäre zu beobachten. Am berühmtesten hat ihn die Beobachtung der elliptischen Bahn des nach ihm benannten Kometen, wovon später die Rede sein wird, gemacht. Im Jahre 1703 wurde er Professor der Geometrie zu Oxford und 1720 königl. Astronom zu Greenwich. Er starb am 14. Jan. 1742. Seine wichtigste literarische Arbeit sind seine „*Tabulae astronomicae*".

beobachteten Durchgang des Merkurs durch die Sonnenscheibe auf den Gedanken kam, dafs ein solcher Durchgang, oder noch besser ein Durchgang der Venus durch die Sonne, ein vortreffliches Mittel darbieten könnte, die Sonnenparallaxe zu finden.

Er machte deshalb (im J. 1717) die künftigen Astronomen auf die bevorstehenden Venusdurchgänge am 26. Mai 1761 und am 3. Juni 1769 aufmerksam und forderte sie inbrünstig auf, diese günstigen Zeitmomente zur Bestimmung der Sonnenparallaxe nicht unbenutzt vorübergehen zu lassen. Dieser Aufforderung wurde denn auch Folge geleistet. Die Beobachtungen im Jahre 1761 führten jedoch wegen mancherlei ungünstiger Verhältnisse nicht ganz zu dem gewünschten Resultate; desto grofsartigere Vorbereitungen trat man zu den Beobachtungen für das Jahr 1769. Zahlreiche Astronomen wurden von den Fürsten verschiedener Länder nach den verschiedensten Teilen der Erdoberfläche ausgesandt: von England *Dymond* und *Wales* nach Nordamerika, *Call* nach Madras, *Green* nach Otaheiti; von Rufsland *Rumovsky* nach Kola, *Pictet* nach Umba, *Mallet* nach Ponoi und verschiedene andere nach verschiedenen Gegenden Rufslands selbst; von Dänemark *Hell* nach Wardoe. Aufser diesen stellten noch viele Astronomen in Europa Beobachtungen an, wie *Cassini* in Paris, *Hornsbey* in Oxford, *Ackermann* in Kiel, *Lagrange* zu Mailand und viele andere. Die Sonnenparallaxe wurde durch Vergleichung dieser Beobachtungsresultate gefunden = 8″,57116. Dafs man bis auf den heutigen Tag nicht müde wird, die Sonnenparallaxe und damit die Entfernung der Erde von der Sonne zu bestimmen, liegt daran, dafs diese Entfernung die Einheit für alle kosmischen Distanzen ist.

2) *Benutzung der Venusdurchgänge.* Es sei AB (Fig. 21) der

Fig. 21.



Erddurchmesser, welcher senkrecht auf der Ekliptik steht, aVb sei ein kürzeres als geradlinig anzusehendes Stück der Venusbahn und S die Sonne. Wir betrachten der Einfachheit wegen die Erde als ruhend und geben der Venus die Differenz der

Bewegungen beider Planeten. Für einen Beobachter in A wird die Venus den Weg cd, für einen Beobachter in B dagegen den Weg CD durch die Sonne nehmen. Zu gleicher Zeit werden beide Beobachter die Venus, der eine in m, der andere in n erblicken. Die Verbindungslinie mn dieser beiden Punkte wird ebenfalls auf der Ekliptik senkrecht stehen, die Dreiecke mnV und ABV sind deshalb ähnlich, also

$$mn : AB = mV : AV.$$

Für das Verhältnis $mV : AV$ können wir jedoch auch das Verhältnis $\alpha : \alpha'$ setzen, wenn wir durch α den Abstand der Venus vom Mittelpunkte der Sonne und durch α' den Abstand der Venus vom Mittelpunkte der Erde bezeichnen. Dieses Verhältnis läfst sich aber aus der Maximal-Elongation der Venus (46°19'49") oder nach dem dritten *Kepplers*chen Gesetze aus den Umlaufszeiten der Venus und Erde berechnen: Man findet hieraus das Verhältnis des Erdabstandes von der Sonne zum Venusabstand von der Sonne oder

$$(\alpha + \alpha') : \alpha = 1 : 0{,}723$$
$$= 1000 : 723,$$

also

$$\alpha' : \alpha = 277 : 723,$$
$$= 1 : 2{,}5 \text{ ungefähr.}$$

Daher ergiebt sich mit Rücksicht auf das Obige auch

$$mn = 2{,}5 \,.\, AB = \tfrac{2}{5} AB.$$

Denken wir uns nun noch A und B mit dem Mittelpunkte der Sonne verbunden und aufserdem An gezogen, so ist ASB offenbar die doppelte Sonnenparallaxe. Da aber ASB und mAn sehr kleine Winkel sind, so kann man für ihr Verhältnis das ihrer Sehnen, also

$$ASB : mAn = AB : mn$$

setzen. Demnach ist

$$ASB = \tfrac{5}{2} \,.\, mAn,$$

folglich die Sonnenparallaxe

$$p = \tfrac{1}{2} \,.\, mAn.$$

Hätte man nun den Winkel $mAn = 40''$ durch Beobachtung gefunden, so würde sich hieraus

$$p = 8'' \text{ [genauer } 8'',8.]$$

als Sonnenparallaxe ergeben. Das Vorteilhafte bei diesem Verfahren, die Sonnenparallaxe zu bestimmen, liegt namentlich

darin, dafs ein Beobachtungsfehler beim Winkel mAn sich bei der Parallaxe auf ein Fünftel seiner Gröfse reduziert, oder fünfmal kleiner ist. Dieser Umstand ist es auch namentlich, welcher die Venusdurchgänge zur Auffindung der Sonnenparallaxe geschickter macht, als die des Merkur, bei welchem ein Beobachtungsfehler nur auf ein Drittel reduziert wird. Dazu kommt, dafs der Winkel mAn nicht direkt beobachtet werden kann, sondern aus den beobachteten Eintritts- und Austritts-Zeiten der Venus in d, c und D, C in vorteilhafter Weise abgeleitet wird.

3) *Entfernung der Sonne.* Wir haben früher (vgl. S. 11) gesehen, dafs

$$\sin P = \frac{r}{d},$$

also

$$d = \frac{r}{\sin P} \text{ ist.}$$

Setzen wir nun den Erdradius $r = 859{,}4366$ geogr. Meilen, so erhalten wir

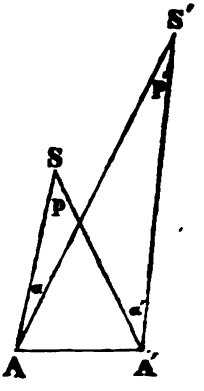
$$d = \frac{859{,}4366}{\sin 8''{,}8} = \frac{859{,}4366}{0{,}00004} = 21485915 \text{ geogr. M.}$$

III. Jährliche Parallaxe der Fixsterne.

Während sich bei der Sonne und den Planeten noch eine Parallaxe auffinden läfst, haben alle Versuche bei den Fixsternen durchaus keine solche ergeben; ein Beweis, dafs der Erddurchmesser gegen die ungeheure Entfernung jener Himmelskörper eine durchaus verschwindende Gröfse ist. Auf diesem Wege war also keine Aussicht vorhanden, je einmal ein Mittel zur Auffindung ihrer Entfernungen von der Erde zu erhalten. Man mufste sich deshalb nach einer gröfseren Basis umsehen. Diese fand man denn auch an dem Durchmesser der Erdbahn. Den Gesichtswinkel, unter welchem die Hälfte jenes Durchmessers von einem Fixsterne aus erscheint, nannte man die *jährliche Parallaxe*, und im Gegensatze die früher besprochene die *tägliche*. Doch auch die Untersuchungen dieser jährlichen Parallaxe führten im allgemeinen zu keinem glücklichen Resultate. Nur bei sehr wenigen Fixsternen ist es bis jetzt gelungen, einen angebbaren Wert dafür aufzufinden.

Zuerst fand *Bessel**) für den Doppelstern 61 *Cygni* im Schwan eine jährliche Parallaxe $+0''{,}3136$ ($\pm 0''{,}0202$ wahrscheinlicher Fehler), woraus sich eine Entfernung von mehr als 13 Billionen Meilen ergiebt. Dann fand *Henderson* für α^1 und α^2 im Centaur eine jährliche Parallaxe $= 1''{,}16$ ($\pm 0''{,}11$), woraus eine Entfernung von mehr als $3\frac{1}{2}$ Billionen Meilen folgt. Gleichzeitig fand noch *Struve* für α in der Leyer eine jährliche Parallaxe $= 0''{,}2613$ ($\pm 0''{,}0254$); woraus eine Entfernung von ziemlich 16 Billionen Meilen folgt. Aufser diesen haben nur noch wenige andere Fixsterne eine jährliche Parallaxe ergeben, und müssen deshalb die übrigen auch die vorgenannten ungeheuren Entfernungen noch übersteigen. Bessels Verfahren zur Bestimmung der Fixsternparallaxen war folgendes: Ist AA' ein Durchmesser der Erdbahn, S ein stark, S' ein sehr schwach leuchtender Fixstern, dann kann man mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs S' ungleich ferner als S, also p' viel kleiner als p ist. Sind die Winkel α und α' gemessen, so folgt sogleich $p + \alpha = p' + \alpha'$,
folglich $p - p' = \alpha' - \alpha$
oder unter Vernachlässigung von p':
$p = \alpha' - \alpha$.

Fig. 22.



IV. Strahlenbrechung (Refraktion).

1) *Allgemeine Brechungsgesetze.* Wenn ein Lichtstrahl von einem durchsichtigen Mittel in ein anderes solches von verschie-

*) *Friedrich Wilhelm Bessel*, Geh. Regierungsrat und Professor der Astronomie in Königsberg, geb. am 22. Juli 1784 in Minden. Er wurde im 15. Jahre Handlungslehrling in Bremen, beschäftigte sich dabei aber im geheimen mit Geographie, Nautik, Mathematik und Astronomie. Eine von ihm verfafste astronomische Schrift machte Olbers auf ihn aufmerksam, auf dessen Empfehlung er nach Lilienthal bei Bremen zu Schröter kam. Von hier nach Königsberg berufen, baute er 1812—13 die dortige Sternwarte. Besondere Verdienste erwarb er sich durch die Berechnung des im Jahre 1807 erschienenen Kometen, durch seine Untersuchungen über die Länge des Sekundenpendels und namentdurch seine vielfachen astronomischen Untersuchungen. Er starb im Jahre 1846.

dener Dichtigkeit unter einem schiefen Winkel übergeht, so wird er von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt; ein rechtwinklig einfallender Strahl geht hingegen ungebrochen durch. Geht der Lichtstrahl aus einem Mittel in ein zweites über, so macht der gebrochene Strahl mit dem sogenannten Einfallslote einen andern Winkel als der vorher noch ungebrochene (Einfallswinkel, Brechungswinkel). Ist der Winkel kleiner, so sagt man, der Strahl werde im neuen Medium dem Einfallslote zugebrochen und nennt dasselbe optisch dichter; ist der Winkel gröfser, so wird der Strahl vom Einfallslote weggebrochen und das Medium heifst optisch dünner. Im allgemeinen sind die optisch dichteren und dünneren Medien auch physikalisch dichter und dünner. Der Gang der Strahlen regelt sich nach folgenden zwei Gesetzen: Der einfallende Strahl, der gebrochene und das Einfallslot liegen jederzeit in derselben Ebene und der Quotient aus den Sinussen des Einfalls- und Brechungswinkels ist für dieselben zwei Medien konstant.

2) *Astronomische Strahlenbrechung.* Da jede Luftart ebenfalls ein strahlenbrechendes Medium ist, und da die Erde überall von atmosphärischer Luft umgeben ist, so folgt daraus, dafs ein von einem Himmelskörper ausgehender Lichtstrahl nicht ungebrochen in unser Auge gelangen kann. Hierzu kommt noch, dafs die Luft von oben nach unten an Dichtigkeit zunimmt. Denken wir uns die Atmosphäre in lauter kleine Schichten, jede von gleicher, die einzelnen aber von zunehmender Dichtigkeit, so würde ein durchgehender Lichtstrahl bei jeder neuen Schicht nach dem Einfallslote (d. h. hier dem verlängerten Erdradius) gebrochen werden, und derselbe also aus einer vielfach gebrochenen Linie bestehen. Da aber die Dichte der Schichten kontinuierlich von oben nach unten zunimmt, so wird der Weg des Lichtstrahls eine krumme Linie (Kurve) bilden, von der wir mit Rücksicht auf die allgemeinen Brechungsgesetze annehmen dürfen, dafs sie in einer Ebene liege und gegen die Oberfläche der Erde konkav sei. Ist nun (Fig. 23) S ein Gestirn und SP ein von diesem kommender Lichtstrahl, der bei P in die Erdatmosphäre tritt, so wird dieser von P ab in der Kurve PO fortgehen und bei O ins Auge gelangen. Nun sieht aber das Auge einen Gegenstand

[illegible] Fig. 55

[illegible] Die Dichte der Luft ist bekanntlich von der Temperatur und dem Luftdrucke abhängig, weshalb bei jeder astronomischen Beobachtung der Stand des Thermometers und des Barometers notiert werden muß. Die Strahlenbrechung ist sowohl theoretisch auf der Grundlage des *Mariotte*schen und *Gay-Lussac*schen Gesetzes als auch empirisch für jede Höhe ermittelt. Folgende Tafel gibt eine Übersicht über die mittlere Refraktion:

Scheinbare Höhe	Mittlere Refraktion	Scheinbare Höhe	Mittlere Refraktion
0° 0′	34′ 54″,1	30°	1′ 52″,7
10	32 49 ,2	35	1 42 ,3
20	30 52 ,3	40	1 [illegible] ,5
30	29 3 ,5	45	[illegible] ,7
40	27 22 ,7	50	[illegible] ,4
50	25 49 ,8	55	[illegible] ,4
1 0	24 24 ,6	60	[illegible] ,3
2 0	18 8 ,6	65	[illegible] ,9
3 0	14 14 ,6	70	21 ,0
4 0	11 38 ,9	75	15 ,5
5 0	9 46 ,5	80	10 ,2
10 0	5 16 ,2	82	8 ,1
16 0	3 32 ,1	85	5 ,1
20 0	2 37 ,3	88	4 ,1
25 0	2 3 ,2	90	0 ,0

3) *Folgen der Strahlenbrechung.* Es ist bereits erwähnt worden, dafs die Zenithabstände durch dieselbe vermindert werden, mithin werden die Höhen der Gestirne vergröfsert. Die Azimuthe erleiden jedoch keine Veränderung, da der Lichtstrahl in demselben Vertikalkreise bleibt. Dies mufs die Folge haben, dafs wir die Gestirne schon erblicken, wenn sie noch *unter* unserem Horizonte stehen, und dafs diese ebenso noch einige Zeit hindurch sichtbar bleiben, wenn sie bereits unter denselben gestiegen sind. Somit bewirkt die Refraktion unter anderem eine Verlängerung des Tages.

Wenn wir im früheren von Höhen, Zenithdistanzen u. dgl. gesprochen haben, so haben wir immer die von der Refraktion befreiten Winkel gemeint.

Neuntes Kapitel.

Natürliche Beschaffenheit der Himmelskörper.

I. Die Sonne (⊙).

Die Sonne übertrifft sowohl an Masse als an Gröfse (Rauminhalt) alle einzelnen Planeten, sie übertrifft sogar alle Planeten zusammen als ein Ganzes gedacht noch bedeutend. Ihre Masse ist 355000 mal gröfser als die Erde und selbst noch 800 mal gröfser als die aller übrigen Körper des Planetensystems zusammengenommen. Der Durchmesser der Sonne erscheint im Mittel unter einem Winkel von 31′ und beträgt etwa 108,7 Erddurchmesser. Dächten wir uns die Erde im Centrum der Sonne und stellten uns vor, der Mond bewegte sich im inneren hohl gedachten Raume der Sonne um die Erde, so würde doch noch eine Kugelschale von der Sonne übrig bleiben von einer Dicke, die nahe dem Halbmesser des ausgehöhlt gedachten Raumes gleich käme.

Um die Dichtigkeit eines Körpers zu finden, muſs man die Masse durch das Volum dividieren. Darnach erhält man für die Sonne nahe den vierten Teil von der Erddichtigkeit.

Ein fallender Körper legt auf der Sonne in der ersten Sekunde einen Weg von 140 Meter zurück.

Was die physische Beschaffenheit der Sonne anlangt, so haben die Beobachtungen der totalen Sonnenfinsternisse sehr wichtige Aufschlüsse gegeben. Wir sind gegenwärtig berechtigt, uns die Sonne vorzustellen als einen weiſsglühenden, noch wenig konsistenten Körper, umgeben von einer Atmosphäre, die bei der überaus hohen Temperatur der Sonne Stoffe in Gasform enthält, welche auf unserer Erde in gewöhnlichem Zustande nur fest oder flüssig vorkommen. Diese Stoffe sind durch die von *Bunsen**) und *Kirchhoff***) erfundene sogenannte Spektral-Analyse nachgewiesen worden. Vermittelst eines optischen Apparates nämlich, den man *Spektroskop* nennt, ist man imstande, Quantitäten eines Stoffes nachzuweisen, die so gering sind, daſs man sie durch keine chemische Analyse aufzufinden vermag. Bedingung ist hierbei, daſs die zu untersuchenden Stoffe sich in gasförmigem und glühendem Zustande befinden, mithin als Flammen erscheinen. Durch den genannten Spektral-Apparat wird nämlich ein weiſser, sogenannter farbloser Lichtstrahl in die Regenbogenfarben zerlegt und das Auge gewahrt in dem Apparate einen farbigen Streifen, der in derselben Reihenfolge wie der Regenbogen die Farben rot, orangegelb, grün, hellblau, dunkelblau und violett zeigt und *Spektrum* genannt wird. Auſser diesen Farben zeigt sich aber im Spektroskop noch eine andere Erscheinung; es ist nämlich das Spektrum des weiſsen Sonnenlichts von einer Menge schwarzer Linien, sogenannter *Frauenhoferscher Linien*, durchbrochen. Diese Linien sind dem Sonnenlicht eigen und sind im Spektrum einer anderen weiſsen, von glühenden festen oder flüssigen Körpern erzeugten Lichtquelle nicht zu finden. Wohl

---

*) *Robert Wilhelm Bunsen*, geb. am 31. März 1811 in Göttingen, Prof. der Chemie in Heidelberg.

**) *Gustav Robert Kirchhoff*, geb. am 12. März 1824 in Königsberg i. Pr., Prof. der Physik in Heidelberg, später in Berlin.

aber zeigt sich etwas ähnliches bei gasförmigen Stoffen im Zustande des Glühens. Während nämlich weifsglühende feste oder flüssige Körper ein sogenanntes kontinuierliches Spektrum zeigen, d. h. ein Spektrum, bei welchem die einzelnen Farben von rot bis violett durch keine dunkle Querlinien unterbrochen werden, so treten bei leuchtenden gasförmigen Stoffen solche dunkle Querstreifen auf, so dafs das Spektrum aus isolierten farbigen Streifen besteht, und zwar je nach Beschaffenheit des Stoffes in verschiedenen Dicken, Distanzen und in besonderen, charakteristischen Stellungen. Geht das Licht eines Körpers, das für sich ein kontinuierliches Spektrum erzeugen würde, ehe es zum Spektroskop dringt, durch ein Gas, welches, wäre es selbstleuchtend, ein Spektrum aus isolierten farbigen Linien hervorrufen würde, so entstehen an denselben Stellen im kontinuierlichen Spektrum mehr oder minder dunkle Linien. (Umkehrung des Spektrums). Diese Erscheinungen gaben nun der Hoffnung raum, auch die Stoffe, aus welchen der Sonnenkörper bestehen möchte, durch Spektralanalyse zu bestimmen. Es handelte sich nur noch darum, Gelegenheit zu finden, das Licht der Sonnen-Atmosphäre, welche die Stoffe des glühenden Sonnenkörpers in Gasform enthalten mufs, ohne Hinzutritt des von dem Sonnenkörper selbst ausstrahlenden Lichtes zu beobachten. Man war nicht in Zweifel darüber, dafs die in der Sonnenatmosphäre enthaltenen gasförmigen Körper für sich allein aus isolierten farbigen Linien bestehende Spektra erzeugen würden, wenn sich hinter denselben nicht das kontinuierliche Sonnenspektrum befände. Diese Gelegenheit nun, wo die Sonnenatmosphäre für sich allein durch das Spektroskop beobachtet werden konnte und wo das, was bisher nur Hypothese war, zur Gewifsheit werden mufste, bot zuerst die totale Sonnenfinsternis am 18. August 1868. Im Momente der totalen Verfinsterung der Sonne wurde es nämlich möglich, deren Atmosphäre allein durch das Spektroskop zu beobachten und sofort entstanden die verschiedensten farbigen Linien im Spektrum, die nach ihrer verschiedenen Beschaffenheit, wie das schon aus der Lage der dunklen Linien geschlossen war, es unzweifelhaft gemacht haben, dafs in der Sonne folgende Körper: Barium, Zink, Kupfer, Kobalt, Nickel, Eisen, Mangan, Chrom, Magnesium, Calcium, Natrium, Titan, Strontium, Aluminium, Sauerstoff und Wasser-

stoff, der letztere besonders reichhaltig entdeckt sind. Es sind dies merkwürdigerweise Stoffe, die zum Teil auch in den Meteorsteinen gefunden werden. Bei der Sonne hat man zwar nicht entdeckt: Gold, Silber, Zinn, Blei, Arsen, Antimon u. s. w. aber man darf auch die Spektral-Analyse derselben noch nicht für abgeschlossen betrachten und deshalb die Behauptung nicht recht erhalten, dafs alle Weltkörper im wesentlichen aus denselben Stoffen zusammengesetzt sind.

Fig. 24.

Ein ganz besonderes Interesse nehmen außer den erwähnten Beobachtungen noch die der sogenannten *Protuberanzen* Fig. 24 in Anspruch. Man versteht darunter über den schwarzen Mond bergartig bis zu 100000 Meilen sich aufthürmende Hervorragungen der Sonnenatmosphäre von rötlichem Lichte und großer Veränderlichkeit. In neuerer Zeit ist es dem Engländer *Lockyer* und dem Franzosen *Janssen* gelungen, diese Protuberanzen auch ohne Verfinsterung der Sonnenscheibe am Rande der Sonne zu erkennen und ist dasselbe auch dem Dr. Tietjen, einem Mitgliede der preußischen Expedition nach Indien am 21. November 1868 gelungen. Man erklärt dieselben durch Annahme einer glühenden Gasschicht umgeben von Wasser-

stoff, welche den Kern der Sonne zunächst überall umgiebt und sich an verschiedenen Stellen zu wechselnder Höhe erhebt.

Auf der Oberfläche der Sonne bemerkt man mitunter dunklere Stellen, bisweilen von ungeheurer Gröfse (an 30000 Meilen Durchmesser), umgeben mit grauen Rändern; man nennt diese *Sonnenflecken*. In der Nähe derselben oder ihrer Bildung vorausgehend bemerkt man häufig hellere Stellen, die sogenannten *Sonnenfackeln*. Man erklärt sich beide Erscheinungen durch die Annahme, dafs aus den tieferen Schichten hervorbrechende Flammenströme (von glühendem Wasserstoffgas) schwere Dämpfe mit sich in die Höhe reifsen, und dafs letztere dann in den weniger heifsen höheren Schichten sich durch Abkühlung zu wolkenartigen Massen verdichten. Da diese das Licht des Sonnenkörpers weniger durchlassen, so erscheinen sie als dunklere Stellen, welche an dem weniger dichten Rande heller gefärbt sind als im Innern.

Die Sonnenflecken bewegen sich sämtlich, von der Erde aus gesehen, von Ost nach West, ändern aber bei dieser Bewegung vielfach ihre Gestalt. Hieraus läfst sich ein doppelter Schlufs ziehen, erstens deutet die Veränderlichkeit, das plötzliche Entstehen und Verschwinden solcher Flecken auf grofse Revolutionen auf der Sonnenoberfläche oder in der Sonnenatmosphäre hin, zweitens aber beweist der Umstand, dafs diese Flecken sämtlich in ungefähr 13 Tagen über die Sonnenscheibe hinwegeilen und nach einer gleichen Zeit am entgegengesetzten Rande wieder zum Vorschein kommen, dafs die Sonne eine Axendrehung hat in gleichem Sinne wie die Erde. Die Zeit einer solchen Rotation beträgt, da die Bewegung der Erde mit inbetracht zu ziehen ist, ungefähr 25 Tage. Der Sonnenäquator bildet mit der Ekliptik einen Winkel von nahezu 7°. Merkwürdig ist die Periodicität im Auftreten der Flecken nach Zahl und Gröfse. Das Phänomen wiederholt sich in 11,1 Jahren, so dafs 3,7 Jahre auf die Zunahme und 7,4 Jahre auf die Abnahme der Flecken kommen. Diese Periode stimmt mit derjenigen für die Variationen der Magnetnadel, die Häufigkeit der Polarlichter und vermutlich auch der Niederschläge und Gewitter überein. (Das Fleckenminimum ist in unseren Breiten begleitet von verhältnismäfsig

wenig Niederschlägen und viel Gewittern; umgekehrt ist es beim Maximum.)

Der Umstand, dafs die Sonne eine Axendrehung hat, macht es fast zur Gewifsheit, dafs sie sich auch im Weltenraume fortbewege, da wir rotierende und fortschreitende Bewegung bei den Himmelskörpern stets gepaart finden. Bestätigt wird diese Annahme durch die Beobachtung, dafs die scheinbaren gegenseitigen Abstände der Fixsterne nach einer Richtung des Himmels sich zu vergröfsern, nach der entgegengesetzten abzunehmen scheinen. Richtung und Natur dieser Bewegung wird erst nach langer Zeit angegeben werden können, wenn ein reicheres Beobachtungsmaterial vorliegen wird. — Kurz zusammengefasst folgt: Über dem eigentlichen Kern der Sonne lagert die Licht- und Wärme ausstrahlende *Photosphäre*, für den Beobachter zugleich die scheinbare Oberfläche. Darauf folgt die Atmosphäre, welche ihrerseits aus zwei Teilen besteht, einer räumlich dünnen, kaum 2″ betragenden Schicht, welche die „*umkehrende*“ heifst und aus allerlei Gasen und Dämpfen besteht, und ferner aus einem wesentlich Wasserstoff enthaltenden Teil, etwa 11″ dick und *Chromosphäre* genannt; dieselbe ist für gewöhnlich unsichtbar, aufser wenn sie *Protuberanzen* emporschleudert. Endlich schliefst sich hieran die ihrer Natur nach unbekannte *Corona*, welche nur bei totalen Sonnenfinsternissen sichtbar ist; sie ist 3′ bis 4′ breit mit unregelmäfsigen Fortsetzungen bis zu 1°; silberweifs besitzt sie eine, dem Vollmonde gleiche Lichtintensität. Für ihr Spektrum ist eine helle grüne Linie charakteristisch. [Annahme für die Temperatur des Sonnenkerns 70000° C.; der Atmosphäre 27000° C.; Stärke des Sonnenlichts = 60000 Stearinkerzen in 1 m Entfernung = 600000 Vollmonden. Lichtintensität der Flecken = 4000 Vollmonden.]

II. Der Merkur (☿).

Er ist unter den bekannten der der Sonne am nächsten stehende Planet*), seine mittlere Entfernung von ihr beträgt 0,387 Erdbahnhalbmesser oder etwa 8 Millionen Meilen. Seine

*) Die Existenz von der Sonne noch näher stehenden Planeten mit Leverrier und *Mayer*, den Begründer der modernen Wärmetheorie, für wahrscheinlich erachtet.

Bahn ist eine im Vergleich mit allen übrigen Planetenbahnen sehr langgezogene Ellipse und deshalb ist seine Entfernung von der Sonne sehr verschieden: im Aphelium 9752000, im Perihelium dagegen nur 7413000 Meilen. Der Erde nähert er sich bis auf 10 Millionen Meilen, ist aber bei seiner gröfsten Entfernung 30 Millionen Meilen von ihr entfernt. Er hat einen Halbmesser von 300 Meilen und deshalb eine Oberfläche von 1073000 Quadratmeilen und einen Inhalt von 104 Millionen Kubikmeilen. Sein Volumen ist nur $\frac{1}{15}$ vom Volumen der Erde, und er hat deshalb eine beinahe 4 mal so grofse mittlere Dichtigkeit, als die der Erde ist. Die Fallgeschwindigkeit auf dem Merkur beträgt in der ersten Sekunde 4,58 Meter.

Seine Bahn um die Sonne, welche eine Neigung von nahe 7° gegen die Eliptik hat, legt er inbezug auf die Fixsterne in 87,969 und inbezug auf die Nachtgleichen in 87,968 Tagen zurück. (Siderisches und tropisches Jahr des Merkur.)

Wegen der grofsen Nähe des Merkur bei der Sonne ist ersterer 7 mal stärker erleuchtet als unsere Erde, und in demselben Verhältnisse wird vielleicht auch die Erwärmung durch die Sonne stehen. Diese grofse Nähe bei der Sonne ist auch der Grund, dafs der Merkur trotz seines intensiven weifsen Lichts doch mit bloſsen Augen schwer gefunden wird. Er zeigt wie die Venus Lichtphasen. Die nicht scharfe Begrenzung derselben, vorzüglich aber die Beobachtung der Aufhellung und Verdunkelung einzelner Stellen auf der Oberfläche des Merkur, machen es gewifs, dafs derselbe eine Atmosphäre hat. Die Beobachtung der Lichtphasen gab auch ein Mittel an die Hand, die Rotation des Merkur zu erkennen und wurde ihre Zeitdauer nahe gleich der der Erde gefunden. Da die Bahn des Merkur unter einem Winkel von 20° gegen den Äquator desselben geneigt ist, so deutet dies auf ähnliche Verschiedenheiten der Jahreszeiten auf dem Merkur hin wie auf der Erde.

Der Merkurdurchgänge durch die Sonne ist bereits gedacht worden.

III. Die Venus (♀).

Die Venus kommt von allen Planeten der Erde am nächsten. In ihrer unteren Konjunktion ist sie nur 5 Millionen Meilen von

der Erde entfernt, in der oberen hingegen 35 Millionen Meilen. Deshalb erscheint sie uns auch von verschiedener Gröfse. Sie hat ein sehr intensives weifses Licht und wirft sogar unter günstigen Umständen einen deutlich wahrnehmbaren Schatten. Die Bahn der Venus hat eine nur geringe Excentricität, deshalb entfernt sich dieser Planet nicht sehr von der Sonne und wir sehen ihn in der Dämmerung kurz nach Sonnenuntergang am westlichen Himmel, und so auch kurz vor Sonnenaufgang am östlichen Himmel. (Abend- und Morgenstern.) Die mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 0,723 Halbmesser der Erdbahn oder 15 Millionen Meilen.

Der Durchmesser der Venus beträgt 1680 Meilen, die Oberfläche 8376000 Quadratmeilen. Die Masse dieses Planeten beträgt $\frac{2}{10}$ der Erdmasse, und das Volumen $\frac{8}{10}$ des Erdvolumens, so dafs also die Dichtigkeit der Venus $\frac{8}{9}$ von der Dichtigkeit der Erde ist. Der Fall eines Körpers auf der Venus beträgt in der ersten Sekunde 5,16 Meter. Die siderische Umlaufszeit der Venus um die Sonne beträgt 224,701 Tage, die tropische 224,695, die synodische Revolution endlich 583,921 Tage. Die Bahnneigung ist = 3° 23′.

Dafs die Venus eine Atmosphäre hat, erkannte *Schröter* *) an der deutlich wahrnehmbaren Dämmerung in den Gegenden, für welche die Sonne auf- oder unterging, aufserdem auch an wolkenartigen Verdunkelungen. Lichte Punkte, die man auf der Nachtseite der Venus erblickt, deuten auf sehr hohe Berge. Die genannten lichten Punkte geben auch die Gewifsheit, dafs die Venus eine Axendrehung hat. *Schröter* fand die Zeit der Rotation — 23 St. 21 Min. Den Neigungswinkel ihrer Axe gegen die der Venusbahn hat man gegen 72° gefunden, woraus man auf sehr grofse Verschiedenheiten der Jahreszeiten schliefsen mufs.

---

*) *Johann Hieronymus Schröter*, geb. 1745 zu Erfurt, 1778 bei der hannöverischen Regierung angestellt, später Oberamtmann in Lilienthal im Herzogtum Bremen, wo er eine Sternwarte errichtete, die aber 1813 von den Franzosen niedergebrannt wurde; 1803 Justizrat, starb 1816 zu Lilienthal. Er machte in der Astronomie viele wichtige Entdeckungen, vorzüglich inbetreff des Mondes und der Planeten, wobei ihm besonders sein selbstverfertigtes 25füfsiges Teleskop vorzügliche Dienste leistete. Er hat zahlreiche astronomische Schriften herausgegeben.

Der Phasen der Venus, sowie ihrer Durchgänge durch die Sonne ist schon früher gedacht worden.

IV. Der Mars (♂).

Der Mars, der erste der oberen Planeten, welcher leicht an seiner trübrötlichen Farbe erkannt wird, hat eine mittlere Entfernung von der Sonne von nahe 32 Millionen Meilen, im Perihelium nämlich ist er 29, im Aphelium hingegen 35 Millionen Meilen von der Sonne entfernt, und es ist somit seine Bahn, welche 1°51′ gegen die Ekliptik geneigt ist, eine ziemlich langgestreckte Ellipse. Die Entfernungen des Mars von der Erde liegen zwischen 7 und 54 Millionen Meilen. Der Durchmesser des Mars beträgt 1000 (nach *Hansen* 892) geogr. Meilen. Das Volumen beträgt 467 Millionen Kubikmeilen, also blos $\frac{1}{8}$ des Volumens der Erde.

Die siderische Umlaufszeit des Mars beträgt 986,980 Tage, die tropische 686,930 Tage, und er legt mit seiner mittleren Geschwindigkeit in einer Sekunde $3\frac{1}{3}$ Meilen zurück. Über die Masse dieses Planeten hat man keine genauen Angaben, man nimmt sie $= \frac{1}{7\,0}$ von der Masse der Erde an, während man die Dichte $= \frac{7}{1\,0}$ von der mittleren Dichte der Erde annimmt; hieraus bestimmt sich der Fallraum in der ersten Sekunde = 2,05 Meter.

Durch Beobachtung der bräunlichen, wahrscheinlich das Festland bezeichnenden Flecke fand man die Dauer der täglichen Rotation des Mars = 24 St. 37 Min.

Inbetreff der Atmosphäre des Mars haben die bisherigen Beobachtungen noch keine zuverlässigen Resultate geliefert. Blendend weifse Flecken an den Polen des Planeten lassen auf grofse Eis- und Schneefelder schliefsen. Mit deren Hilfe fand man die Ekliptikschiefe des Mars = 28° 42′, weshalb die Jahreszeiten auf dem Mars den unsrigen ziemlich analog sein müssen.

Mars ist von zwei Monden (vermutet von *Kepler*, entdeckt von *Hall* in Washington 1878) begleitet; der innere *Deimos* ist 850 Meilen entfernt, der äufsere *Phobos* 2500 Meilen. Mars dreht sich in $24^h\ 37^m$ um seine Axe, wird aber von Deimos in $7^h\ 38^m$ in gleichem Sinne umkreist. Deimos bietet daher das merkwürdige

Schauspiel, dafs er im Westen auf und im Osten untergeht. Die Revolution von Phobos dauert 30½ Stunden. Der Durchmesser beider Trabanten wird zu etwa zwei Meilen angenommen.

V. Die Gruppe der Planetoiden oder Asteroiden.

Die Entdeckung dieser verhältnismäfsig sehr kleinen Planeten gehört erst dem jetzigen Jahrhundert an. Schon *Kepler* soll vermutet haben, dafs in dem Bereiche zwischen Mars und Jupiter noch ein Planet sich finden müfste. Nach ihm wies *Bode* i. J. 1772 auf das Vorhandensein eines Planeten an dieser Stelle hin. Statt eines Planeten hat man aber bis jetzt deren eine grofse Zahl (über 253 gefunden, von denen zur Zeit noch mehrere ohne Namen sind. Nach der Berechnung *Le Verriers* beträgt die Gesamtmasse dieser kleinen Planeten höchstens $\frac{1}{3}$ der Erdmasse.

Die Entdeckung der vier ersten fällt in die sieben ersten Jahre des jetzigen Jahrhunderts, es sind dies 1. *Ceres* (⚳), entdeckt am 1. Januar 1801 durch *Piazzi* in Palermo, 2. *Pallas* (⚴), entdeckt am 28. März 1802 von *Olbers* in Bremen, 3. *Juno* (⚵), entdeckt am 1. September 1804 von *Harding* in Lilienthal und 4. *Vesta* (⚶), entdeckt am 29. März 1807 von *Olbers* in Bremen. Mit diesen erschien die Zahl der Planetoiden geschlossen, bis am 19. Dezember 1845 von *Hencke* in Driesen mit der *Asträa* die grofse Reihe neuer Entdeckungen eröffnet wurde.

Auf den Vorschlag des Herrn *Gould* hat man sich geeinigt, die neuen Planeten von Asträa an durch einen Kreis zu bezeichnen, welcher im Innern die Zahl enthält, welche jedem Planeten nach der Zeitfolge seiner Entdeckung zukommt, also von Asträa an 5, 6 etc.

Durch die bedeutenden Excentricitäten ihrer Bahnen treten die Planetoiden den Kometen näher. Dies ist aber noch mehr der Fall inbetreff ihrer aufserordentlichen Lichtschwäche.

Über die Durchmesser der Planetoiden weifs man noch nichts Genaues. Nach *Schröter* betragen ihre gröfsten Durchmesser bei Vesta 59, bei Juno 308, bei Ceres 350 und bei Pallas 452 Meilen. Es fehlen die Mittel, ihre Rotation festzustellen.

Bei der Kleinheit dieser Planeten muſs es befremden, daſs ein Teil in starkem Lichte erscheint, was zu dem Schlusse führt, daſs sie entweder ihr eigenes Licht haben, oder daſs wenigstens ihre Oberfläche aus solchen Stoffen bestehe, die eine starke Lichtspiegelung verursachen.

Die Kleinheit dieser Planeten ist die Ursache, daſs sie von dem ihnen nächsten ungeheuren Planeten, dem Jupiter Störungen erleiden, welche den Astronomen namentlich deshalb von besonderem Interesse sind, weil sie ein Mittel geben, die Masse des letzteren genau zu bestimmen.

Die Bahnneigungen der kleinen Planeten gegen die Ekliptik sind ziemlich bedeutend, bei Pallas 34°.

VI. Der Jupiter (♃).

Er ist der gröſste aller Planeten und kenntlich an seinem hellgelben intensiven Lichte. Seine mittlere Entfernung von der Sonne ist 108½ Millionen Meilen. Von der Erde ist er zwischen 79 und 130 Millionen Meilen entfernt. Sein Durchmesser ist 19980 Meilen. Seine Oberfläche ist demnach 121 und sein Volumen 1332 mal gröſser als die entsprechenden Elemente der Erde. Die Dichtigkeit der Masse ist ¼ von der der Erde. Er hat 3 mal so viel Masse als die anderen Planeten zusammen.

In seiner Bewegung um die Sonne, welche in einer Ellipse von sehr geringer Excentricität statt hat, legt er in einer Sekunde nur 1,7 Meilen zurück, und vollendet seinen Umlauf in beinahe 12 Jahren. In 10 Stunden dreht er sich um seine Axe. Diese rasche Umdrehung bedingt eine starke Aplattung an den Polen. *Secchi* in Rom giebt sie aufgrund neuerer Beobachtungen $= \frac{1}{16{,}06}$ an. Die Fallgeschwindigkeit auf dem Jupiter in der ersten Sekunde ist 12,60 Meter. Seine Bahnneigung ist $= 1° 19'$.

Da die Ekliptikschiefe des Jupiter nur 3° beträgt, so haben dort die Jahreszeiten nur geringe Temperaturverschiedenheiten.

Der Jupiter hat eine sehr konsistente Atmosphäre, in welcher sich deutlich wahrnehmbare Streifen und Flecken (siehe Fig. 25 auf S. 89) befinden, die zum Teil groſsen Veränderungen unter-

worfen sind, was auf grofse Revolutionen in seiner Atmosphäre, die vielleicht an Dichtigkeit unserem Wasser gleich kommen, schliefsen läfst.

Der Jupiter wird von 4 Trabanten begleitet, die uns mannigfaltige Finsternisse hervorbringen. Der erste bewegt sich in 1 Tage, der zweite in 3½, der dritte in 7½, der vierte in 16¾ Tagen um den Hauptplaneten. Dafs diese Jupitertrabanten den Römer *Römer* auf die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit geführt haben, wurde bereits früher erwähnt. Aus den Beobachtungen dieser Satelliten hat Kapitän *Jacob* in Madras in neuester Zeit die Masse des Jupiters $= \frac{1}{1047{,}54}$ der Sonnenmasse gefunden.

VII. Der Saturn ♄.

Er ist über 9mal weiter entfernt von der Sonne als unsere Erde (197 Millionen Meilen), und beschreibt seine Bahn, welche eine Neigung von 2° 29′ hat, um dieselbe in 29½ Jahren. Hat man ihn einmal gesehen, so findet man ihn leicht wieder, weil er gegen 2½ Jahre in einem Sternbilde bleibt. Seine Bewegung ist nämlich 3½ mal langsamer als die der Erde, und er legt also in der Sekunde nur 1,3 Meilen zurück. Ein Saturnbewohner sieht die Oberfläche der Sonne 90 mal kleiner, als wir auf der Erde. Seine Entfernung von der Erde halten sich zwischen 169 und 223 Millionen Meilen, während die von der Sonne keine so bedeutende Differenz zeigen und zwischen 188 und 210 Millionen Meilen liegen.

An Gröfse kommt der Saturn dem Jupiter ziemlich nahe, da sein Durchmesser etwa 16000 Meilen beträgt. Hieraus bestimmt sich seine Oberfläche um das 95fache gröfser als die Erdoberfläche und sein Volumen um das 928fache. Seine Masse ist jedoch nur 93 mal gröfser als die der Erde, woraus sich eine sehr geringe Dichtigkeit für die Saturnmasse, ungefähr eine doppelt so grofse als des Korkholzes ergiebt; es ist die geringste von allen Planeten. Der Fallraum in der ersten Sekunde ist auf dem Saturn = 4,71 Meter.

Auf seiner Oberfläche zeigt der Saturn ähnliche Äquatorialstreifen als der Jupiter (vergl. Fig. 25 auf S. 89), die ebenfalls der Saturnatmosphäre anzugehören scheinen und bei ihrer

grofsen Veränderlichkeit auf grofse Revolutionen in derselben schliefsen lassen. Die Dauer der an Flecken bemerkbaren Rotation des Saturn ist 10½ Stunden, woraus eine starke Abplattung an den Polen folgt.

Einer eigentümlichen Erscheinung ist noch bei dem Saturn Erwähnung zu thun, nämlich der sogenannten *Saturnusringe*. *Cassini* entdeckte zuerst in dem scheinbar einzigen und einfachen Ringe eine dunkle Trennungslinie (Cassinische Linie); es waren also mindestens zwei Ringe anzunehmen, von denen der äufsere 19045 und 16762 Meilen bezüglich zu inneren und äufseren Durchmessern, der innere Ring hingegen 16375 und 12667 Meilen zu solchen hat. In der Folge hat sich gezeigt, dafs vier und mehr Ringe vorhanden sind. Aufserdem befinden sich noch aufserhalb des Ringsystems 8 Trabanten. Die Beobachtungen eines derselben, *Titania**), haben für den Saturn die Masse von $\frac{1}{3500}$ bis $\frac{1}{3476}$ ergeben.

Die Ekliptikschiefe des Saturn ist sehr bedeutend und beträgt 30°, woraus sich eine ziemlich grofse Verschiedenheit der Temperaturverhältnisse in den einzelnen Jahreszeiten ergiebt.

VIII. Der Uranus (♅).

Er ist im Mittel 396 Millionen Meilen von der Sonne entfernt und braucht 84 Jahre (genau 30686,8 Tage), um seine weite Bahn zu durchlaufen. Wegen dieser langsamen Bewegung (in der Sekunde legt er eine Meile zurück) ist er auch erst spät, am 13. März 1781, vom älteren *Herschel***) als ein Planet er-

*) Den übrigen hat man die Namen: Mimas, Encelade, Tethys, Dione, Rhea, Hyperion und Japet gegeben.

**) *Friedrich Wilhelm Herschel*, geb. in Hannover am 15 Nov. 1738, ging 1757, um sich in der Musik auszubilden, nach London. Er bekleidete auch in England mehrere Stellen in diesem Fache, trieb aber dabei Mathematik und zeigte besonders einen grofsen Eifer für Astronomie. Er verfertigte sich selbst einen Reflektor von 5 Fufs, mit welchem er den Ring des Saturn und dessen Trabanten beobachten konnte. Er baute sich immer gröfsere Spiegelteleskope und machte damit seine grofsartigen Entdeckungen. 1781 entdeckte er den Planeten Uranus. Besondere Aufmerksamkeit widmete er den Nebelflecken und Sternhaufen und erkannte in ihnen viele 1000 gesonderte Fixsterne. Er fand die Rotation des Saturn, ihm gehört auch die Entdeckung der Doppelsterne oder Fixsternsysteme zu, sowie manche andere astronomische Ent-

kannt worden. Verglichen mit der Erde ist sein Durchmesser 4,3, seine Oberfläche 18, sein Volumen 76, seine Masse 17 und seine Dichtigkeit $\frac{1}{4}$ mal so grofs. Er hat deshalb die mittlere Dichtigkeit des Wassers. Der Fallraum in der ersten Sekunde beträgt auf dem Uranus ebenfalls 4,71 Meter; seine Bahnneigung ist = 0°40′. Über seine Axendrehung ist nichts genaues bekannt, ebenso über die Zahl seiner Trabanten, von denen *Herschel* sechs beobachtet haben will.

Fig. 25.

deckung. Er starb auf seinem Landsitze Slough am 25. August 1822.[1] Er hat zahlreiche gedruckte und ungedruckte Schriften hinterlassen. Auch dessen Sohn *John Frederik William Herschel* hat sich vielfache Verdienste um die Astronomie erworben. Derselbe wurde 1790 zu Slough geboren und studierte in Cambridge. Er verwendete ebenfalls viel Fleifs auf Beobachtung der Doppelsterne und gab einen Katalog von 380 neuen Doppelsternen heraus, denen später anderweitige Kataloge von 295 und 384 Doppelsternen folgten. Die letzte grofse Unternehmung des jüngeren *H.* ist sein Aufenthalt am Kap der guten Hoffnung, um die südliche Himmelshemisphäre zu durchforschen. Von seinen vielen Werken sind mehrere auch ins Deutsche übersetzt worden.

Fig. 25 giebt eine vergleichende Übersicht über die verhältnismäfsige Gröfse der vor 1845 bekannten Planeten.

Der Neptun (♆).

Der Umstand, dafs die berechneten, durch die übrigen Planeten hervorgebrachten Störungen des Laufes des Uranus nicht mit den Beobachtungen in Einklang zu bringen waren, hatte schon seit längerer Zeit die Vermutung eines transuranischen bedeutenden Planeten hervorgerufen, jedoch hatte seithier niemand gewagt, aus jenen Perturbationen die Elemente und die wirkende Masse jenes noch unbekannten Planeten zu berechnen. Dieses Problem wurde endlich von *Adams* in Cambridge im geheimen und von *Le Verrier* in Paris offenkundig gelöst.

Le Verrier richtete an Professor *Encke* in Berlin die Aufforderung, ungefähr 5° östlich von δ Capricorni die Aufsuchung des berechneten Planeten zu unternehmen und es war der Observator der Berliner Sternwarte, Dr. *Galle*, am 23. Sept. 1846 so glücklich, den neuen Planeten unseres Sonnensystems zu finden. Derselbe wurde auch am 29. September von Professor *Chaillis* in Cambridge erkannt.

Nach den von *Kowalski* aufgeführten Beobachtungen ergeben sich für den Neptun folgende Resultate:

Mittlere Entfernung von der ☉	30,034 Erdhalbmesser*)
Siderische Umlaufszeit	164,595 Jahre.
Excentricität	0,00917
Bahnneigung	1°47′0″,9.

Ein Trabant des Neptun ist von *Lassel* zu *Liverpool* entdeckt worden.

X. Der Mond (☾).

Wir haben bereits früher (im 7. Kap.) über den Mond nach seinen Beziehungen zur Sonne und Erde gesprochen, jetzt wollen wir nun noch einiges über dessen physische Beschaffenheit hinzufügen.

---

*) Von dem *Bode*schen Gesetze ausgehend hatte *Le Verrier* die halbe grofse Axe der Neptunsbahn = 36,154 Erdabständen bestimmt, während spätere, auf wirkliche Beobachtungen gegründete Rechnungen dafür 30,034 ergaben. Bei letzteren wurde eine schon vom *Lalande* ausgestellte Beobachtung, bei welcher aber der Neptun als Fixstern betrachtet worden war, benutzt.

Schon mit unseren bloßen Augen bemerken wir, daß die uns zugekehrte Seite des Mondes große Verschiedenheiten zeigt, namentlich hellere und dunklere Flecken, welche man früher für Meere hielt. Nach Erfindung des Fernrohres überzeugte man sich, daß die Oberfläche des Mondes eine sehr gebirgige Beschaffenheit hat, denn man erkannte deutlich die Schatten der einzelnen Berge. Diese Schatten sind am deutlichsten wahrnehmbar, wenn der Mond uns in Sichelform erscheint, also kurz vor oder nach dem Neumond, während wir zur Zeit des Vollmondes gar keinen Schatten sehen. Der Grund ist der, daß zur Zeit des Vollmondes die Mitte des Mondes die Sonne im Zenith hat und deshalb nur die an den Rändern befindlichen Berge Schatten werfen können. Diese ungeheuren Schattenlängen haben ein Mittel an die Hand gegeben, die Höhe jener Berge zu bestimmen; die höchsten erreichen eine Höhe von mehr als 5000 Meter, übertreffen also im Verhältnis zur Größe der Weltkörper unsere höchsten Erden-Berge bedeutend.

Die Mondgebirge sind im allgemeinen doppelter Art. *Bergketten* oder *Ringgebirge;* von den letzteren haben wir auf der Erde kaum etwas Analoges. Es sind diese Ringgebirge nämlich ungeheuer weit ausgedehnte Vertiefungen, die mit hohen Wällen umgeben sind. Man hat sie für Krater erloschener Vulkane angesehen, die aber leer sind, da der Mond kein Wasser hat. Daß die umgebenden Wälle gerade so viel Masse enthalten, als zur Ausfüllung jener Krater hinreichen würde, bestätigt allerdings die Annahme, daß durch große, ungeheure Hebungen und Senkungen bewirkende Revolutionen jene Ringgebirge entstanden sein mögen.

Der Umstand, daß Fixsterne, ohne irgend eine Lichtschwächung zu erfahren, hinter die Mondscheibe treten, beweist, daß der Mond keine oder wenigstens eine nur sehr feine Atmosphäre, also auch keine Wasserdämpfe und somit kein Wasser an der Oberfläche haben kann. Da aber ohne eine Atmosphäre die Existenz von Feuer nicht gut gedacht werden kann, so wird die Annahme von Mondvulkanen hierdurch wieder unstatthaft, wenigstens wie die Verhältnisse jetzt auf dem Monde sind.

Möglich ist es dessen ungeachtet, sogar wahrscheinlich, daſs dieser Zustand des Mondes in früheren Zeiten ein anderer gewesen ist.

Man hat vom Monde genaue Karten entworfen und an diesen den Bergen und Thälern verschiedene Namen gegeben, die teils von unseren Bergen und Meeren, teils von berühmten Astronomen und anderen groſsen Männern hergenommen sind.

Kaum braucht wohl noch besonders erwähnt zu werden, daſs ein Beobachter auf dem Monde unsere Erde unter ganz analogen Lichtgestalten erblicken würde, wie wir den Mond, nur daſs sich die Verhältnisse umkehren. Zur Zeit des Neumonds würde ein Mondbewohner *Vollerde* und zur Zeit des Vollmonds *Neuerde* haben.

Einer eigentümlichen Erscheinung ist noch zu gedenken, die durch die Anziehungskraft des Mondes verbunden mit der der Sonne auf unserer Erde hervorgebracht wird. Es ist dies die *Ebbe* und *Flut* oder die *Geseiten*. Zweimal nämlich des Tages erheben und senken sich die Gewässer des Meeres; die ersten 6 Stunden steigt das Meer an den Ufern in die Höhe, dringt in die Flüsse hinein und überschwemmt die niedrigen Gestade. Man nennt diese Erscheinung die *Flut*. Darauf fällt es wieder und erreicht nach 6 Stunden seine gröſste Tiefe. Das ist die Zeit der *Ebbe*. Diese Erscheinungen wiederholen sich Tag für Tag und Jahr aus Jahr ein mit ununterbrochener Regelmäſsigkeit. Daſs der Mond hierbei die Hauptrolle spielt, geht schon aus der Thatsache hervor, daſs die Fluten zur Zeit der Syzygien am stärksten und zur Zeit der *Quadraturen* am geringsten sind. Im allgemeinen bemerkt man eine Zunahme derselben, wenn der Mond oder die Sonne der Erde näher kommt. Es entstehen dann *Springfluten*. Ähnliche Einflüsse erduldet die Atmosphäre, merklich besonders in den von überdeckenden Windströmungen freien Tropen.

Der Grund in allgemeinen Zügen ist folgender: Die verschiedenen Punkte der Erde haben vom Monde, minder von der Sonne, eine merklich verschiedene Entfernung und werden daher verschieden stark angezogen; insbesondere wird der Mittelpunkt

stärker dem Monde zustreben wie ein Teilchen an der dem Monde abgewandten Oberfläche und ihm dementsprechend gegenüber gelegen, dagegen schwächer wie das dem Monde zunächst liegende Teilchen an der Erdoberfläche. Das nachgiebige Wasser wird sich hiernach durch Voraneilen resp. Zurückbleiben einer Flut gestalten, und diese Flut wird mit der Umdrehung der Erde die letztere umlaufen. Die Größe der Flut beträgt an offenen Meeren 0,3 m seitens des Mondes und halb soviel seitens der Sonne. Größere Erhebungen haben ihren Grund teils in den Strömungen des Meeres, teils in Interferenzen. Kleinere Seen haben keine Flut wegen Gleichheit der Entfernungen ihrer Teile von Mond und Sonne. *(Hafenzeit. Isorachien.)*

XI. Die Kometen.

Außer den erwähnten Planeten mit ihren Trabanten gibt es noch eine zahllose Menge anderer Himmelskörper, welche ebenfalls ihre Stellung zwischen den Fixsternen nehmen, indem sie sich um die Sonne als Centralkörper bewegen. Wir nennen die *Kometen* (*κομήτης*, Haarstern). Von den Planeten mit ihren Monden unterscheiden sich dieselben schon durch ihr Aussehen; sie bestehen meist aus dem *Kern*, der *Hülle* mit dem *Schweif*; doch kann der Schweif oder der Kern auch fehlen, man hat auch einzelne Kometen beobachtet, welche zwei oder mehrere Schweife hatten. Die Hülle umgiebt den festeren Kern und bildet mit demselben den sogenannten *Kopf* des Kometen. Die Masse, aus welcher ein solcher Weltkörper besteht, zeigt einen geringen Zusammenhang und große Verschiedenheiten der Dichte. In größerer Entfernung von der Sonne erscheint der Komet meist als rundlicher, unbestimmt begrenzter Nebel; in der Annäherung an den Centralkörper bildet er den immer größer werdenden Schweif, welcher in der Regel nach entgegengesetzter Richtung liegt, die vom Kometen aus der Sonne abgewendet ist. Nimmt die Entfernung von der Sonne wieder zu, so nimmt auch der Komet allmählich wieder in einen rundlichen Nebel zusammen. Auch außerdem zeigt sich die Gestalt der Kometen sehr veränderlich, und es ist selbst die Teilung eines einzelnen Kometen

1846) in zwei getrennte beobachtet worden. Die geringe Dichtigkeit der Kometenmasse ergiebt sich daraus, dafs dieselben keine wahrnehmbaren Störungen auf die ihnen nahe kommenden Planeten ausüben, während sie selbst durch letztere sehr bedeutend aus ihren Bahnen abgelenkt werden. Das Licht von Fixsternen, vor welchen ein Komet vorübergeht, strahlt durch diesen ohne merkliche Schwächung oder Ablenkung hindurch. Die Kometen selbst werden von der Sonne erleuchtet.

Kein Komet ist dauernd am Himmel sichtbar; diese Weltkörper erscheinen meist unvermutet und nehmen mit der Annäherung an die Sonne an Helligkeit und scheinbarer Gröfse zu, so dafs sie in den günstigsten Fällen selbst am Tage sichtbar sein und mit ihrem Schweif mehr als den vierten Teil des Himmelsgewölbes durchziehen können, während andere überhaupt nur in Fernröhren sichtbar bleiben. Nachdem der Komet das Maximum seines Glanzes erreicht hat, nimmt sein Licht allmählich ab und er verschwindet zuletzt wieder im Weltraum.

Die Bahnen, in welchen sich die Kometen bewegen, sind langgestreckte krumme Linien, von denen nur ein verhältnismäfsig so kleiner Teil während der Sichtbarkeit dieser Himmelserscheinungen beobachtet werden kann, dafs es zweifelhaft bleibt, ob dieselben stets Ellipsen sind. Das *Newton*sche Gravitationsgesetz (5. Kap., III.), welchem die Kometen bei ihrer Bewegung folgen müssen, läfst nämlich auch die Möglichkeit zu, dafs die Bahn eines nach demselben um einem Centralkörper bewegten Gestirns eine Parabel oder eine Hyperbel sei. Ist dies wirklich der Fall, so kehrt der Komet — falls er nicht durch die störende Einwirkung eines anderen Weltkörpers in eine neue Bahn gezogen wird — nie zur Sonne zurück, sondern, aus dem (unendlichen) Weltenraum kommend, verliert er sich auch wieder in denselben, ist also kein bleibender Angehöriger unseres Sonnensystems, denn jene Kurven sind nicht geschlossen. Im anderen Fall kehrt er wieder, die berechneten Umlaufszeiten reichen jedoch infolge der sehr gestreckten Form der Ellipsen bei manchen bis in Jahrtausende. Die wenigen unter dem grofsen Heer der erschienenen Kometen, von welchen die Wiederkehr wirklich beobachtet worden ist, sind folgende:

Halleys Komet, mit einer Umlaufszeit von 75 Jahren.
*Enckes**) Komet, - - - - 3⅓ -
Bielas Komet, - - - - 6¾ -
Brorsens Komet, - - - - 5½ -
Winneckes Komet, - - - - 5½ -
Fayes Komet, - - - - 7½ -

Die Bahnen der Kometen unterscheiden sich von denen der Planeten auch dadurch, daſs erstere unter den verschiedensten Winkeln gegen die Ebene der Ekliptik geneigt sein können, sodaſs also die Kometen nicht, wie die Planeten, nur in der Nähe der Ekliptik, sondern in allen Gegenden des Himmels gesehen werden können. Während ferner alle Planeten sich von Westen nach Osten (rechtläufig) um die Sonne bewegen, kommen unter den Kometen auch solche mit entgegengesetzter Richtung (rückläufige) vor.

Die Kometen sind in früheren Zeiten Gegenstände des Schreckens gewesen, entweder weil man sie abergläubischer Weise für Unglücksboten ansah, oder weil man ein Zusammenstoſsen mit der Erde fürchtete. Die neueste Zeit hat uns einen Aufschluſs über die Natur dieser rätselhaften Weltkörper gebracht durch den von *Schiaparelli* entdeckten Zusammenhang derselben mit den *Sternschnuppen*.

XII. Die Sternschnuppen und Meteore.

Die bekannte Erscheinung der Sternschnuppen zeigt sich zu gewissen Zeiten in ganz besonderer Häufigkeit. Etwa alle 34 Jahre (1799, 1833, 1867) beobachtet man um die Zeit des 13. November einen äuſserst zahlreichen Sternschnuppenschwarm, dessen einzelne Bestandteile sämtlich aus derselben Gegend des

*) *Johann Franz Encke*, Direktor der Königl. Sternwarte in Berlin, geb. am 23. Sept. 1791 zu Hamburg. Er studierte unter *Gauſs* in Göttingen, dann trat er in preuſs. Artilleriedienste, kam hierauf durch den späteren Minister v. Lindenau auf die Sternwarte Seeburg bei Gotha und von da im Jahre 1825 als Direktor der Sternwarte nach Berlin. Der nach ihm benannte Komet war von *Pons* am 26. Nov. 1818 entdeckt worden. Besondere Verdienste erwarb er sich auch durch seine sorgfältigen Berechnungen der Beobachtungen der Venusdurchgänge. Von 1830 an hat er die früher von *Bode* herausgegebenen „*Astronomischen Jahrbücher*“ besorgt. † 26. August 1865.

Himmels (dem Sternbilde des Löwen) auszustrahlen scheinen. Einen ähnlichen, schwächeren Schwarm beobachtet man jährlich um die Zeit des 10. August, und auch in diesem Fall findet man einen gemeinsamen Ausstrahlungspunkt für die einzelnen Sternschnuppen desselben (im Sternbild des Perseus). Auch unter den übrigen, das ganze Jahr hindurch zerstreut erscheinenden Sternschnuppen hat man einzelne Gruppen von besonderer, doch minder auffallender Häufigkeit unterschieden.

Die regelmäfsige Wiederkehr der genannten Schwärme zu derselben Zeit des Jahres und die scheinbare Ausstrahlung von einer bestimmten Stelle des Himmels beweisen, dafs jene Sternschnuppen Weltkörper sind, welche bei ihrer Bewegung im Weltenraume der Erde an einer für jene einzelnen Schwärme bestimmten Stelle ihrer Bahn um die Sonne begegnen. Indem sie (teilweise) mit planetarischer Geschwindigkeit in die Atmosphäre der Erde eintreten, wird ihre Bewegung durch den Widerstand derselben gehemmt. Der Verlust an lebendiger Kraft mufs sich in Wärme umsetzen, welche das Erglühen und Sichtbarwerden des Meteors verursacht. Der allmähliche Übergang, welcher zwischen den gewöhnlichen Sternschnuppen und den gröfseren Leuchtkugeln stattfindet, sowie das gemeinsame Erscheinen derselben bei jenen Schwärmen zeigen, dafs die (im engeren Sinn Meteore genannten) Leuchtkugeln denselben Ursprung mit jenen haben; es sind tiefer herabsteigende Sternschnuppen, welche selbst bis zur Erde herabfallen können, wenigstens ist der Zusammenhang zwischen Meteorsteinfällen und Leuchtkugeln bestimmt nachgewiesen.

Die regelmäfsige Wiederkehr jener Schwärme erklärt sich aus ihren geordneten Bahnen um die Sonne; schneidet die elliptische Bahn eines solchen Systems die Erdbahn, und gelangt die Erde zu derselben Zeit mit jenem an die Durchschnittsstelle, so beobachtet man das Fallen eines Sternschnuppenschwarms. Dies findet bei dem Novemberphänomen statt, bei dem eine Umlaufszeit von 34 Jahren die Wiederkehr nach dieser Zeit bedingt. Die ungeheure Ausdehnung dieses Novemberschwarms läfst denselben mehrere Jahre zum Durchlaufen jenes Knotenpunktes der Bahnen gebrauchen, daher die Erscheinung jedesmal zwei bis

drei Jahr nach einander, jedoch mit abnehmender Stärke auftritt. Bei der Bewegung eines solchen Schwarms findet eine allmähliche Zerstreuung, eine Ausdehnung seiner Bestandteile längs seiner Bahn statt, durch welche der Glanz der Erscheinung bei der Wiederkehr vermindert und der Schwarm allmählich bis zu einem elliptischen Ringe ausgedehnt wird, welcher nun in jedem Jahre von der Erde an der Knotenstelle durchsegelt werden mufs. In diesem Fall befinden wir uns mit dem jährlich wiederkehrenden Augustphänomen. Bei fortgesetzter Zerstreuung der Bestandteile eines Schwarms geht die Erscheinung zuletzt in diejenige der vereinzelten Sternschnuppen über.

Im Jahre 1866 entdeckte der Astronom *Schiaparelli* in Mailand, dafs die Bahn des Augustschwarms mit derjenigen eines Kometen (vom Jahre 1862) übereinstimmte. Späterhin fand man dieselbe Übereinstimmung mit der Bahn eines Kometen (von 1866) für den Novemberschwarm, und auch für einige andere beobachtete Systeme zusammengehöriger Sternschnuppen wurde eine solche Übereinstimmung nachgewiesen. In neuester Zeit hat sich noch ein unerwarteter, reicher Sternschnuppenschwarm im November 1872 gezeigt, und die Vermutung, dafs derselbe mit dem *Bielas*chen Kometen in Verbindung stehe, fand durch die von *Pogson* in Madras gemachte Auffindung eines Kometen an der (von *Klinkerfues* in Göttingen) bezeichneten Stelle Bestätigung.

Sonach ist der Zusammenhang zwischen Kometen und Sternschnuppen nachgewiesen. Entweder sind erstere gröfsere Glieder, gleichsam die Hauptkörper der sie begleitenden Meteoriten-Schwärme, oder die letzteren entstehen durch das Zerfallen der Kometen in ihre einzelnen Bestandteile. Ein solcher Schwarm kann in den weiten Entfernungen der Himmelsräume als dichte gedrängte Masse, als Komet erscheinen; durch die Annäherung an einen Planeten kann die Bahn desselben eine solche Störung erleiden, dafs er sich als bleibender Bestandteil unseres Sonnensystems in einer Ellipse um die Sonne bewegt. Der gefürchtete Zusammenstofs mit einem solchen Weltkörper (*Bielascher Komet*) gestaltet sich zu der Erscheinung eines Regens von Sternschnuppen; die geringe Masse, die Durchsichtigkeit und der Gestaltenwechsel der Kometen finden durch die neue Annahme befriedigende Erklärung.

XIII. Die Fixsterne.

Von der grofsen Entfernung der Fixsterne, gegen welche selbst der Durchmesser der Erdbahn als verschwindend klein erscheint, sodafs eine Parallaxe nur bei wenigen mit Hilfe der schärfsten Hilfsmittel der Neuzeit bestimmt werden konnte, ist bereits früher (8. Kap., III) die Rede gewesen. Infolge derselben erscheinen die Fixsterne in den besten Fernröhren nur als leuchtende Punkte, von unmefsbarer Ausdehnung. Der Anschein verschiedener Gröfsen derselben, welcher sich dem bloßen Auge darbietet, ist eine Täuschung, bewirkt durch Irradiation und durch das von der Lichtbrechung in der Atmosphäre bewirkte Funkeln und Glitzern. In der Astronomie versteht man unter Gröfsen der Fixsterne nur den verschiedenen Grad ihrer Helligkeit und unterscheidet hiernach Sterne erster, zweiter, dritter Gröfse u. s. w. Mit bloßem Auge sind unter günstigen Umständen Sterne bis zur sechsten Gröfse einschliefslich, im ganzen etwa 5000, sichtbar; mittelst der Fernröhren nimmt man nach einer ungefähren Schätzung 5000 Millionen Sterne bis zur 16. Gröfse wahr.

Die an sich willkürliche Gruppierung der Fixsterne zu sogenannten Sternbildern datiert in der grofsen Mehrzahl derselben aus den ältesten Zeiten. Die Namen der Sternbilder sind meist von Heroen, Tieren u. dgl. entnommen und innerhalb derselben werden die einzelnen Sterne mit den Buchstaben des griechischen Alphabets und weiterhin mit Ziffern, einige, namentlich diejenigen erster Gröfse, auch mit besonderen Namen bezeichnet.

An einzelnen Stellen des Himmels finden sich dicht gedrängte Gruppen von Fixsternen, die sogenannten *Sternhaufen*, wie z. B. die Plejaden (Gluckhenne, Siebengestirn). Die *Milchstrafse*, welche den Himmel in Form eines nebelartigen Streifens von ungleicher Breite umgiebt, ist durch lichtstarke Fernröhre in einzelne sehr kleine und sehr dicht gedrängt stehende Sterne aufgelöst worden. Die *Doppelsterne*, als welche sich zahlreiche, dem bloßen Auge einfach erscheinende Fixsterne im Fernrohr zeigen, sind teils nur *optische* (welche in Wirklichkeit weit von einander, aber nach derselben Richtung hin stehen), teils *physische*, welche sich um ihren gemeinsamen Schwerpunkt nach dem *Newton*schen Gravitationsgesetz bewegen. Die *Nebelflecke* sind nebelartige, schwach schimmernde Stellen von sehr verschiedener

Gestalt, meist nur in Fernröhren sichtbar und nicht selten mit einem heller leuchtenden Kern im Innern. Dieselben sind durch die stärksten Fernröhren zum Teil in Haufen einzelner (sehr entfernter und daher dicht gedrängt erscheinender) Sterne, ähnlich wie bei der Milchstrafse, zerlegt worden; bei einem anderen Teile ist diese Zerlegung nicht gelungen, und die Spektralanalyse zeigt bei vielen derselben, dafs sie aus glühenden Gasen bestehen. Einige Fixsterne zeigen einen periodischen oder unregelmäfsigen Wechsel der Farbe oder der Lichtstärke; vereinzelt wurde selbst ein plötzliches helles Aufleuchten eines später wieder sich verdunkelnden oder verschwindenden Sterns beobachtet. Solche Fixsterne werden *veränderliche Sterne* genannt.

Zehntes Kapitel.

Von der Abbildung der Erdoberfläche. (Kartographie).

Von einer guten Abbildung der Erdoberfläche auf einer *Ebene* wird verlangt, dafs aus ihr die sphärischen Koordinaten, d. h. Länge und Breite eines jeden dargestellten Ortes entnommen werden können, und dafs zwischen dem abgebildeten Stück der Erdoberfläche und der Abbildung selbst möglichst grofse Ähnlichkeit stattfindet. Eine strenge Ähnlichkeit ist unmöglich, weil eine Kugeloberfläche nicht ohne Dehnungen und Verzerrungen auf eine Ebene ausgebreitet werden kann. Ist man daher auch genötigt von der Forderung einer Ähnlichkeit im grofsen abzusehen, so kann dagegen auf unendlich viele Arten der Bedingung genügt werden, dafs die Ähnlichkeit um so mehr hervortrete, je kleiner das betrachtete Stück der Karte ist und dafs sie ganz erfüllt sei, wenn man unendlich kleine Teile der Karte ins Auge fafst. Mit anderen Worten, es kann dafür gesorgt werden, dafs ein unendlich kleines sphärisches Dreieck auf der Erdoberfläche dem unendlich kleinen ebenen Dreieck in der Abbildung ähnlich sei, wo auch das Dreieck auf der Erde gewählt sein mag. Die Folge davon ist, dafs zwei Linien auf der Kugeloberfläche und ihre Bilder auf der Karte sich unter

gleichen Winkeln schneiden. Solche Abbildungen heifsen *konforme*, alle anderen sind *nicht* konform. Vergleicht man zwei Flächenstücke auf der Erde, so ist das Flächenverhältnis derselben im allgemeinen nicht gleich demjenigen ihrer Bilder auf der Karte; solche Karten, bei denen dieses zutrifft, heifsen *äquivalente*.

Die Abbildungen, welcher Art sie auch sein mögen, geschehen entweder nach der *Methode der Projektionen* (Parallelprojektion; Centralprojektion oder *gnomonische* Abbildung) oder der *Methode der Abwickelung* oder nach einem ausschliefslich durch eine Formel angebbaren *Korrespondenzgesetz*. Diese allgemeinen Auseinandersetzungen sollen durch einige Beispiele erläutert werden:

1) Bei der Parallelprojektion denkt man sich von allen darzustellenden Punkten unter sich parallele Gerade gezogen, deren Schnittpunkte mit der Bildebene die Bildpunkte sind. Am gebräuchlichsten ist die Orthogonalprojektion, bei welcher die erwähnten Projektionsstrahlen auf der Bildebene senkrecht stehn. Wählen wir den Äquator zur Bildebene, so fällt der Pol (es werde etwa die nördliche Halbkugel abgebildet) in die Mitte der Karte, die Meridiane werden gerade Linien, die sich in der Mitte schneiden, die Breitenkreise werden konzentrisch mit dem Bilde des Pols als gemeinschaftlichem Centrum und drängen sich desto mehr aneinander, je näher sie dem Äquator liegen Ist r der Radius eines Breitenkreises, b die entsprechende geographische Breite und R der Radius der abzubildenden Kugel, so wird der Entwurf der Breitenkreise durch die Gleichung

$$r = R \cdot \cos b$$

geregelt. Diese Abbildung ist keine konforme, ebenso wenig als folgende durch das Prinzip der Abwickelung erhaltene:

2) Man denke sich mit der abzubildenden Kugel einen Cylinder verbunden, welcher die Kugel im Äquator berühre. Hierauf ziehe man aus dem Centrum der Kugel gerade Linien nach allen Punkten der Kugeloberfläche und bringe das Strahlenbündel zum Durchschnitt mit dem Mantel des Cylinders; die Schnittpunkte sind die Bilder der entsprechenden Punkte auf der Kugel. Schneidet man endlich in der Vorstellung den Cylinder längs einer Seitenlinie auf und breitet den Mantel in eine Ebene aus, so erhalten wir eine plane Abbildung der Erde.

Sind l und b Länge und Breite eines Orts auf der Erde, l' und b' auf dem Bilde, so ist

$$l' = l \text{ und } b' = R \cdot \operatorname{tg} b.$$

Aus diesen Formeln, wie aus der geometrischen Darstellung ergiebt sich sofort, dafs auf der Karte die Meridiane parallele Gerade, die Breitenkreise ebenfalls Gerade sind, dafs aber die letzteren desto weiter auseinandertreten, je näher sie in Wirklichkeit dem Pole liegen; der Pol selbst liegt unendlich fern. Alle Karten, welche durch Abwickelung eines Cylindermantels, auf welchem die Erde zunächst abgebildet wurde, entstehen, heifsen *Plattkarten*.

3) Soll eine zwischen zwei Parallelkreisen liegende Zone dargestellt werden, so kann dieses durch konische Abwickelung folgendermafsen geschehen: Die beiden Parallelkreise bestimmen eine Kegelfläche, auf deren zwischen den Parallelkreisen liegendes Mantelstück die Punkte der Zone aus dem Kugelcentrum projiziert werden; darauf wird der Kegel wie in Nr. 2 der Cylinder in eine Ebene aufgerollt. Auch diese Abbildung ist keine konforme, wohl aber die folgende

4) *Stereographische Projektion* (Hipparch), welche zugleich perspektivisch ist, wie die vorhergehenden: Man ziehe einen Durchmesser der Kugel, in dem einen Endpunkt desselben konstruiere man die Tangentialebene, aus dem anderen projiziere man alle Punkte der Erdoberfläche auf die Tangentialebene, so entsteht das gewünschte Bild der Erde. Der Berührungspunkt heifst der Mittelpunkt der Karte. Gewöhnlich ist der eben genannte Durchmesser die Drehungsaxe der Erde oder ein Äquatorialdurchmesser; im ersten Falle haben wir es mit der *stereographischen Polarprojektion*, im zweiten mit der *stereographischen Äquatorealprojektion* zu thun. Wir wollen die erstere näher betrachten. Man sieht sofort, dafs alle Meridiane sich als gerade Linien, die Parallelkreise als konzentrische Kreise abbilden. Liegt der Augenpunkt im Südpol, so rücken die südlichen Breitenkreise immer weiter auseinander, je näher sie in Wahrheit dem Südpole liegen, der letztere selbst liegt unendlich fern. Deshalb bildet man nach dieser ausgezeichneten Methode nur eine Halbkugel z. B. die nördliche, auf der Äquatorsebene ab, oder auch nur Stücke der Erdoberfläche. Eine aus dem

Südpol nach dem Punkte (b, l) gezogene Gerade macht mit der Axe einen Winkel, welcher dem halben Komplement der Breite gleichkommt, daher hat der Bildpunkt des Punktes (b, l) vom Mittelpunkt der Karte die Entfernung $R \operatorname{tg}(45 - \frac{1}{2}b)$, wonach das Kartennetz leicht entworfen werden kann.

Anmerk. Beweise, dafs auch bei der Äquatorealprojektion sich alle Meridiane und Parallelkreise als Kreise projizieren.

5) Bei der *gnomonischen Projektion* (Thales) wird das Auge im Mittelpunkt der Erde gedacht, während die Tangentialebene an einem Pol, oder einem Punkte des Äquators oder einem beliebigen anderen Punkte der Erdoberfläche die Bildebene ist. Hiernach unterscheidet man die gnomonische *Polar-*, *Meridian-* und *Horizontalprojektion*. Die Verbindungslinie des Erdmittelpunkts mit einem Punkte der Oberfläche trifft die Tangentialebene im Bilde des Punktes. Der Berührungspunkt ist immer die Mitte der Karte. Charakteristisch für die gnomonischen Projektionen ist der Umstand, dafs die Bilder der gröfsten Kreise gerade Linien sind, dafs demgemäfs die gerade Strecke zwischen zwei Punkten der Karte das Bild der kürzesten Entfernung der Punkte auf der Kugel ist.

6) *Äquivalente Abbildung.* Ein Cylinder berühre die Kugel im Äquator; man bringe die Meridian- und Parallelkreisebenen zum Durchschnitt mit dem Cylinder, schneide den Cylinder längs einer Seitenlinie auf und rolle denselben in eine Ebene auf, so entsteht die gewünschte Darstellung, wie leicht zu sehen ist. Ebenso folgt unmittelbar, dafs $l' = l$ und $b' = R \sin b$ ist.

7) *Mercators Karte, Seekarte* oder *reducierte Karte.* Das Prinzip, welches dem Entwurf dieser Karten zugrunde liegt, ist folgendes: Es sollen die Breitengrade nach den Polen hin in dem Verhältnis zunehmen, in welchem die Parallelkreise zum Äquator stehen. (Gradus latitudinem versus utrumque polum auximus pro incremento parallelorum supra rationem, quam habent ad äquinoctialem. *Mercator*, Duisburg, 1569). Die sogenannte Infinitesimalrechnung folgert hieraus die Gleichungen

$$l' = l \text{ und } b' = R \cdot \log \operatorname{tg}(45 + \tfrac{1}{2}b).$$

Wir müssen uns mit einer bloßen Beschreibung dieser wichtigen Karte begnügen: Meridiane und Parallelkreise bilden zwei Systeme paralleler Gerader, welche sich rechtwinklig schneiden.

en
ge

nur
hab

n 4ᵃ
n aus

s die
5° 19′.
chung

5 Uhr

Berlin

ierfachen
glich sich
sind und
Stern zum
er vorher.
war. den
en mit der
welcher im
ufgang wird
die Plejaden
etwa 65°; wo
der Griechen?
ers der Sonne
klination benutz

yrae eine Höhe
ega 38° 46′ 41″,
handelt es sich?
Sonne am 7. März?
ht der Länge von

1. September in Jeru-
estpunkt?
rend welcher die Sonne
llen für diese Periode
werden.

6) Welche Poldistanz mufs ein Stern haben, damit er im Zenith eines bestimmten Ortes kulminiere?

7) Wo mufs sich ein Stern am Himmel befinden, damit er bei der 24stündigen Umdrehung seine Höhe nicht ändere?

8) Welche Gestirne ändern unter dem Äquator ihr Azimuth nicht?

9) Nimmt für die Polhöhe von Halle jeder Fixstern jedes Azimuth zwischen 0° und 360° an? Welches ist das Azimuth des Zeniths? Welches ist also die Zone am Himmel, deren Sterne nicht jedes Azimuth annehmen?

10) Welches ist für Halle die gröfste von der Sonne erreichte Höhe a) im Winter b) im Sommer? Welches sind die entsprechenden Gröfsen für den Mond?

11) Zwischen welchen Werten schwankt für Halle das Azimuth des Sterns l der Cassiopeja, welcher auf dem nördlichen Polarkreis liegt? (Betrachte das rechtw.-sphärische Dreieck Zenith-Pol-Stern im Augenblick, wo der Polarkreis vom Höhenkreise in l berührt wird.)

12) Die Rektascension des Sterns γ ursae majoris ist $11^h 47^m 49{,}87^s$, die Deklination 54° 19′ 42,8″. Wie grofs sind Höhe und Azimuth für Berlin um 2 Uhr Sternzeit?

13) Das Azimuth des Sterns β Andromedae war zur Sternzeit 3^h zu Rom 84° 30′, der Zenithabstand 23°. Wie berechnet man hieraus seine Deklination und Rektascension?

14) Länge und Breite von α Aurigae zu finden, wenn die Deklination 45° 52′ 50″, die Rektascension $5^h 8^m 16^s$ beträgt?

15) Die Länge des Sterns β Virginis ist 175° 33′, die Breite 42′ 47,21″; wie grofs sind Rektascension und Deklination?

16) Der Stern α Tauri (Aldebaran) besitzt eine Deklination von 16° 16′ 45″. Wie grofs sind für Halle sein Tagbogen, die Kulminationshöhe, seine Morgen- und seine Abendweite?

17) Um welche Stunde kulminiert der Stern α Orionis (Beteigeuze) in Kopenhagen am 12. August, wenn seine Deklination 7° 23′ 5″, seine Rektascension $5^h 49^m$ angesetzt wird? Um wieviel Uhr geht das nämliche Gestirn auf und unter?

18) Der Fixstern α Leonis hat die Rektascension $10^h 2^m 18^s$ und die Deklination 12° 31′ 26,3″. Derselbe zeigt sich am 10. Nov. über dem Horizont von Berlin in 20° 31′ Höhe. Wieviel Uhr ist es daselbst?

19) Am 5. Mai wird in Nürnberg das Azimuth von β Cygni [$AR = 19^h 26^m 7^s$ Dek. = 27° 43′ 14″] gleich 285° 19′ beobachtet. Wieviel Uhr ist es?

20) Am Kap der guten Hoffnung wird die Sonne im Azimuth 106° 19′ und in eine Höhe von 41° 30′ beobachtet. Welche Deklination und welchen Stundenwinkel hat die Sonne?

21) Um wieviel Uhr steht die Sonne zu Paris genau im Westen in einer Höhe von 30° über dem Horizont? An welchem Tage geschieht das?

22) Am 11. Juni wird die Sonne im Azimuth 52° und in einer Höhe von 56° beobachtet; in welcher geographischen Breite geschah das und zu welcher Stunde?

23) Am 3. September stand die Sonne zu Petersburg um 4^h nachmittags noch 21° 9′ 51″ über dem Horizont; wie findet man aus diesen Angaben die geographische Breite des Beobachtungsorts?

24) Als man in Halle eines Tages um 9 Uhr morgens die Höhe der Sonne beobachtete, bestimmte sich dieselbe auf 15° 19′. An welchem Tage mufs das geschehen sein und nach welcher Richtung fiel der Schatten des Beobachters?

25) An welchem Tage geht die Sonne in Halle um 5 Uhr auf, an welchem in Upsala?

26) Wie hoch steht 10 Uhr vormittags die Sonne in Berlin a) zur Zeit der Äquinoktien b) zur Zeit der Solstitien?

27) Die griechischen Schriftsteller unterscheiden einen vierfachen Aufgang eines Fixsterns: den *astronomischen*, wie er täglich sich vollzieht und drei poëtische (von den Dichtern wie *Hesiod* und anderen gebrauchte) nämlich den *heliakischen*, wenn ein Stern zum ersten mal wieder vor Sonnenaufgang sichtbar wird, woran er vorher, zu stark von den Sonnenstrahlen überflutet, gehindert war, den *kosmischen Aufgang*, worunter das gleichzeitige Aufgehen mit der Sonne verstanden wird und den *akronyktischen* Aufgang, welcher im Moment des Sonnenuntergangs statt hat. Welcher Aufgang wird gemeint sein, wenn es heifst, die Ernte beginne, wenn die Plejaden aufgehen? Die Plejaden haben jetzt eine Länge von etwa 60°; wo befand sich also die Sonne beim Plejadenaufgang zur Zeit der Griechen?

28) In Halle fiel der Schatten eines Beobachters der Sonne um 8 Uhr vormittags WNW. Welche Höhe und Deklination besafs die Sonne?

29) Um 8 Uhr vormittags besitzt in Halle α Lyrae eine Höhe von 27° 30′. Wenn man die Deklination der Wega 38° 40′ 41″, die AR dagegen $18^h\ 33^m\ 5^s$ beträgt, um welchen Tag handelt es sich?

30) Welches ist Länge und Rectascension der Sonne am 7. März?

31) Welche Deklination der Sonne entspricht der Länge von 300° 10′?

32) Um wieviel Uhr geht die Sonne am 1. September in Jerusalem unter und in welcher Entfernung vom Westpunkt?

33) *Hundstage* nennt man die Zeit, während welcher die Sonne sich im Sternbild des Löwen befindet; es sollen für diese Periode die Grenzwerte der Deklination angegeben werden.

34) Welche Deklination besitzt die Sonne, wenn sie in Halle 30° südlich oder 40° nördlich vom Ostpunkt aufgeht?

35) Für welche geographische Breite kulminiert die Sonne genau im Zenith zur Zeit der Solstitien und wie lange dauert dort der Tag?

36) Um 9 Uhr morgens hatte die Sonne eine Höhe von 36° um 11 Uhr, um 11 Uhr eine solche von 48°. Welche Deklination besafs die Sonne und unter welcher Breite fand die Beobachtung statt?

37) Wann hört in Halle am 11. April die Abenddämmerung auf?

38) Welchen Zeitraum hindurch hört in Moskau die Dämmerung überhaupt nicht auf?

39) Wie lange dauert am Nordpol die eigentliche Nacht?

40) An wieviel Tagen geht in 80° Breite die Sonne nicht auf und nicht unter?

41) Unter welchem Breitenkreise geht die Sonne an 50 Tagen nicht auf?

42) In welcher geographischen Breite dauert der kürzeste Tag 2 Stunden?

43) Wie findet man aus den gröfsten Digressionen eines Fixsterns nach Osten und Westen, geschätzt in Beziehung auf einen beliebigen Anfangspunkt der Azimuthe, die Lage der Meridianebene eines Beobachtungsorts? [Arithmetisches Mittel zweier Azimuthe.]

44) Nach grober Schätzung passierte in Halle der Circumpolarstern ε Draconis denselben Vertikal zweimal in der Höhe 32° 30′ und 74° 20′. Die Deklination des genannten Sterns ist 45° 53′. Wie ergiebt sich hieraus die Polhöhe und das Azimuth des Vertikals? [Das gleichschenklige Dreieck Pol-Stern-Stern ist berechenbar, weil die Basis = 74° 20′ — 32° 30′ ist; man findet also die Höhe auf die Basis, und nunmehr ist das rechtwinklige Dreieck Pol-Fufspunkt der Höhe-Zenith berechenbar etc.].

45) Am 20. März betrug die Deklination der Sonne in der Mittagszeit — 4′ 30″, am 21. März + 19′; wie kann man hieraus mit Rücksicht darauf, dafs die Sonne sich $3^m 38^s$ täglich in ihrer Kulmination gegenüber den Fixsternen verspätet, den Augenblick bestimmen, wo der Widderpunkt kulminierte? [Man betrachte die Figur, welche aus den beiden Scheiteldreiecken gebildet ist, deren gemeinschaftliche Spitze der Widderpunkt, und deren parallele Grundlinien die Deklinationen am 20. und 21. März sind; die Projektionen der Wegstrecken der Sonne auf den Äquator haben zur Summe den in $3^m 38^s$ zurückgelegten Bogen u. s. w.].

46) Die Optik lehrt, dafs ein Lichtstrahl, welcher eine Reihe paralleler Medien durchläuft, im letzten Medium gerade so gebrochen wird, als wenn er aus dem ersten Medium sofort in das letzte ein-

getreten wäre. Nehmen wir an, dafs die Grenzen der Luft an der Eintrittsstelle der Strahlen eines Fixsterns und am Standpunkt des Beobachters parallel sind; wie findet man alsdann aus der beobachteten Höhe 70° eines Sterns seine wahre Höhe und die Refraktion? Der mittlere Brechungsexponent für den Übergang aus dem leeren Raum in Luft in Meereshöhe ist 1,000294. [Wahre Höhe = 69°59′39″; Refraktion = 22″].

47) Die Sonne hat einen scheinbaren Durchmesser von 32′. Wie hoch steht die Sonne noch über dem Horizont, wenn der untere Rand denselben wirklich berührt, und wie verhalten sich die Hauptaxen der scheinbar elliptischen Sonne?

48) Wie groſs ist die kürzeste Entfernung zwischen Magdeburg und Dorpat?

49) Die Höhe des Pik von Teneriffa beträgt $\frac{1}{2}$ Meile, die Gesichtsweite 29 Meilen; wie findet man hieraus den Radius der Erde?

50) Wie findet man aus der geographischen Lage von Berlin und Breslau und ihrer Entfernung (40 Meilen) die Gröfse des Erdradius?

51) Die Entfernung zwischen Frankfurt a. M. und Leipzig beträgt 40 Meilen; die Polhöhen beider Städte sind 50° 6′ 43″ und 51° 20′ 16″. Wie berechnet sich hieraus der Längenunterschied?

52) Wie stark wölbt sich die Erde auf einer Wegstrecke von 1 km? Unter der Wölbung wird die Bogenhöhe verstanden, d. h. das in der Mitte der zum Bogen gehörenden Sehne errichtete und bis zum Durchschnitt mit dem Bogen verlängerte Lot. Wie lang mufs der Bogen sein, damit die Wölbung Mannshöhe (1,75 m) betrage?

53) Danzig (54° 22′ n. B.) und Stockholm (59° 20′ 31″ n. B.) haben einen geringen Längenunterschied; derselbe soll vernachlässigt werden. Wie groſs ist die Wölbung der Ostsee zwischen beiden Städten?

54) Wie weit mufs man nach Süden oder Norden wandern, damit die Polhöhe einen Unterschied von 1 Minute aufweise? Wieviel macht das, regeldetrimäfsig verrechnet auf 1 m, 3 m, 8 m aus? Ist daher die Angabe, Halle hat eine Polhöhe von 51° 29′ 22″, eine völlig bestimmte?

55) Das Rannische Thor in Halle hat von der Kaserne in der Bernburgerstrafse in der Richtung von Süden nach Norden eine Entfernung von 2570 m; wie groſs ist die Differenz in der Polhöhe? Wie groſs würde die Basis eines gleichschenkligen Dreiecks sein, dessen Schenkel einerseits eine vertikale Kante von 15 m Höhe am Kasernengebäude, andererseits eine ebenso lange Parallele vom Fufspunkt derselben zu einer vertikalen Kante am Rannischen Thor sind?

56) Am 27. August 1883 fand ein Ausbruch des Vulkans Krakatoa in der Sundastraſse statt und erschütterte die Luft hörbar auf 30° Bogenmaſs. Auf welchem Bruchteil der ganzen Erdoberfläche konnte das Geräusch wahrgenommen werden?

57) Kap Farewell in Grönland und Bergen in Norwegen liegen nahezu auf dem 60. Breitengrade. Die Länge des Kaps ist 43° w. v. Greenwich, die von Bergen 5° 20′ ö. v. Greenwich. Ein Schiff könnte auf der Loxodrome oder auf der kürzesten Linie von dem einen Ort zum anderen fahren. Wie groſs ist der Unterschied der Wege und welche Breite und Länge hat der nördlichste vom Schiffe berührte Punkt, wenn dasselbe die kürzeste Route einschlägt?

58) Wie groſs ist die scheinbare Drehung der Schwingungsebene des Foucaultschen Pendels unter dem Äquator, den Wendekreisen, den Polarkreisen und an den Polen für den Zeitraum von 5 Minuten?

59) Aristarch von Samos (300 v. Ch.) fand aus der Beobachtung des Mondes zur Zeit der Quadraturen fälschlich, daſs die Sonne 19 mal weiter von uns entfernt sei wie der Mond. Unter welchem Winkel sah er die Mittelpunkte der beiden Gestirne, unter welchem hätte er sie sehen müssen?

60) Wenn die Regel des Titius (pag. 35) wirklich ein Naturgesetz wäre der Art, daſs jedem Gliede der Reihe, wie weit dieselbe auch nach rückwärts und vorwärts fortgesetzt würde, ein Weltkörper entspräche, so müſsten sich in der Nähe des Merkur unendlich viele Planeten befinden. Warum? Wie groſs wäre die Summe aller Entfernungen dieser Körper vom Merkur?

61) Die Radien von Sonne und Mond sind bezüglich 108,7 und $\frac{3}{11}$ Erdradien; der Abstand der Erde von der Sonne beträgt im Mittel 24000, vom Monde 60 Erdradien. Wieviel mal so lang ist die Axe des von der Erde erzeugten Schattenkegels als der Mondabstand, und wie groſs ist der Querschnitt des Schattenkegels in der Entfernung von 60 Erdradien?

62) Welchen Winkel macht die Vertikallinie in der geographischen Breite φ mit dem Erdradius nach dem Beobachtungsort? Wie viel cm muſs also in Halle der tiefste Punkt eines 10 m langen, mit dem anderen Ende befestigten, frei herabhängenden Senklotes nach Norden bewegt werden, damit es nach dem Erdmittelpunkt hinweise?

63) Der mittlere Erdhalbmesser ist 6370283 m; zu welcher geographischen Breite gehört derselbe?

64) Aus der Entfernung des Mondes von dem Erdmittelpunkt (60 Erdrad.) und der siderischen Umlaufszeit in seiner nahe kreisförmigen Bahn innerhalb $27^t\ 7^h\ 43^m\ 11{,}5''$ findet man leicht die Centrifugalkraft, also auch die Anziehung seitens der Erde. Diese Kraft ist dem reciproken Quadrat der Entfernung proportional; wie groſs muſs dieselbe demnach an der Erdoberfläche sein?

Mittlere Deklination der Sonne in Augenblicken der Kulminationen.

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
1	−22° 59′	−17° 1′	−7° 25′	4° 35′	15° 4′	21° 4′
3	−22 46	−16 36	−6 43	5 24	15 44	21 24
5	−22 35	−15 50	−5 [illegible]	6 [illegible]	[illegible]	[illegible]
7	−22 20	−15 13	−4 [illegible]	7 [illegible]	[illegible]	[illegible]
9	−22 4	−14 35	−4 23	8 4	[illegible]	[illegible]
11	−21 46	−13 56	−3 38	8 44	[illegible]	[illegible]
13	−21 26	−13 16	−2 47	9 [illegible]	[illegible]	[illegible]
15	−21 5	−12 35	−2 [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
17	−20 41	−11 53	−1 [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
19	−20 16	−11 11	−0 35	11 [illegible]	[illegible]	[illegible]
21	−19 50	−10 25	+0 [illegible]	11 [illegible]	[illegible]	[illegible]
23	−19 23	−9 44	+1 [illegible]	12 [illegible]	[illegible]	[illegible]
25	−18 54	−8 59	+1 54	13 [illegible]	[illegible]	[illegible]
27	−18 23	−8 14	+2 42	13 56	[illegible]	[illegible]
29	−17 51	−7 32	+3 28	14 32	[illegible]	[illegible]
31	−17 18		+4 14		[illegible]	

	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1	23° 7′	17° 59′	8° 13′	− 3° 15′	−14° 30′	−21° 51′
3	22 58	17 29	7 29	− 4 2	−15 8	−22 9
5	22 47	16 56	6 45	− 4 48	−15 45	−22 24
7	22 35	16 23	6 0	− 5 34	−16 21	−22 38
9	22 21	15 49	5 15	− 6 20	−16 56	−22 51
11	22 6	15 13	4 29	− 7 6	−17 29	−23 2
13	21 49	14 37	3 43	− 7 51	−18 2	−23 10
15	21 31	14 0	2 57	− 8 36	−18 33	−23 17
17	21 11	13 22	2 11	− 9 20	−19 3	−23 22
19	20 50	12 43	1 24	−10 4	−19 31	−23 25
21	20 27	12 4	0 37	−10 47	−19 58	−23 27
23	20 3	11 23	−0 8	−11 29	−20 24	−23 26
25	19 37	10 42	−0 56	−12 11	−20 48	−23 24
27	19 11	10 0	−1 42	−12 52	−21 11	−23 20
29	18 43	9 18	−2 29	−13 32	−21 32	−23 14
31	18 14	8 35		−14 11	−	−23 5

Tafel der mittleren Zeitgleichung.
(M. Zt. — W. Zt.)

Tag	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
1	3m 48s	13m 50s	12m 33s	3m 57s	— 3m 1s	— 2m 29s
3	4 44	14 4	12 8	3 21	— 3 15	— 2 11
5	5 38	14 15	11 42	2 46	— 3 16	— 1 50
7	6 31	14 23	11 13	2 11	— 3 36	— 1 29
9	7 22	14 27	10 43	1 38	— 3 44	— 1 7
11	8 10	14 28	10 12	1 4	— 3 49	— 0 43
13	8 56	14 27	9 39	0 32	— 3 51	— 0 19
15	9 40	14 22	9 5	0 2	— 3 52	+ 0 6
17	10 20	14 13	8 31	— 0 27	— 3 51	0 32
19	10 58	14 3	7 55	— 0 56	— 3 47	0 58
21	11 33	13 50	7 19	— 1 20	— 3 41	1 24
23	12 6	13 34	6 42	— 1 44	— 3 32	1 50
25	12 35	13 16	6 6	— 2 6	— 3 21	2 16
27	13 1	12 55	5 29	— 2 26	— 3 9	2 41
29	13 23	12 32	4 52	— 2 44	— 2 54	3 5
31	13 42		4 16		— 2 38	

Tag	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1	3m 30s	6m 5s	— 0m 4s	— 10m 17s	— 16m 17s	— 10m 49s
3	3 52	5 57	— 0 42	— 10 55	— 16 19	— 10 2
5	4 14	5 46	— 1 22	— 11 31	— 16 17	— 9 14
7	4 34	5 33	— 2 2	— 12 6	— 16 12	— 8 22
9	4 52	5 18	— 2 43	— 12 40	— 16 3	— 7 30
11	5 10	5 0	— 3 24	— 13 11	— 15 51	— 6 36
13	5 25	4 40	— 4 6	— 13 41	— 15 36	— 5 39
15	5 38	4 19	— 4 48	— 14 8	— 15 17	— 4 42
17	5 49	3 54	— 5 30	— 14 33	— 14 54	— 3 43
19	5 59	3 28	— 6 12	— 14 56	— 14 29	— 2 44
21	6 6	3 0	— 6 55	— 15 16	— 14 0	— 1 44
23	6 11	2 31	— 7 36	— 15 34	— 13 28	— 0 44
25	6 14	1 58	— 8 18	— 15 48	— 12 52	+ 0 20
27	6 15	1 26	— 8 58	— 16 1	— 12 14	+ 1 15
29	6 13	0 51	— 9 38	— 16 10	— 11 32	+ 2 14
31	6 8	0 15		— 16 15		+ 3 12

Konstante.

		Log
Mittlerer Erdradius . . .	= 6370283,2 m	6,8041587
Länge des siderischen Jahres	= 365,25636 m. T.	2,5625978
Länge des tropischen Jahres	= 365,24220 m. T.	2,5625809
Mittlerer Sonnentag . . .	= 1,0027379 St. T.	0,0011874
Sterntag	= 0,9972696 m. T.	9,9988126—10
1 Sterntag	= 86164 Sek. m. Z.	4,93533
1 Tag in Sekunden seiner Art	= 86400	4,93651
Präcession	= 50″,259	
Schiefe der Ekliptik . . .	= 23° 27′ 14″,7	
Nutation	= 9″,224	
Aberration	= 20″,445	
Geschwindigkeit des Lichts .	= 41740 g. Meilen.	

Geographische Längen und Breiten Seite 19.20
Meridianlängen und Erdhalbmesser Seite 25.
Dimensionen des Erdsphäroids Seite 28.
Refraktionstafel Seite 75.
Tafel der Sonnendeklination Seite 109.
Zeitgleichung Seite 110.

Alphabetisches Register der wichtigsten Kunstwörter.

(Die Zahlen geben die Seiten an, wo sich die Erklärung findet.)

Abbildung 99.
Abendweite 3.
Aberration 36.
Aberrationsellipse 38.
Äquator 5. 12. 16.
Äquatorshöhe 14.
Äquinoktialpunkte 12.
Almukantharat 9.
Aphel 39.
Apsidenlinie 40.
Asteroiden 85.
Azimuth 10.
Breite 16. 17.
Breitenkreis 16.
Chromosphäre 81.
Circumpolarstern 5.
Corona 81.
Dämmerung 53.
Dauer des Tages 51.
Deklination 15.
Doppelstern 98.
Ebbe und Flut 92.
Ekliptik 12.
Epakte 64.
Excentricität 26.
Fixstern 5. 97.
Frühlingsanfang 49.
Frühlingspunkt 12.
Gesichtskreis 1. 9.
Gestalt, wahre der Erde 24.
Goldene Zahl 64.
Herbstanfang 49.
Herbstpunkt 12.
Höhe. Höhenkreis 9.

Höhenparallaxe 10.
Horizont 1. 9.
Horizontalparallaxe 11. 69. 71.
Hundstage 105.
Jahr 44. 46.
Jahresparallaxe 72.
Jahreszeiten 55.
Kalender 47.
Kardinalpunkte 3. 13.
Kimm 1.
Kimmtiefe 12.
Klimate 56.
Kolur 13.
Kometen 93.
Koordinatenverwandlung 20.
Knoten der Mondsbahn 57.
Krümmungskreis 25.
Kulminieren 4. 14.
Länge 16. 17.
Libration des Mondes 61.
Loxodrome 103.
Mercatorsprojektion 102.
Meridian 10. 14.
Mittag. Mittagslinie 3.
Monat 47. 57. 58. 60.
Mondfinsternis 62.
Mondjahr 63.
Mondphasen 58.
Mondzeiger 64.
Mondzirkel 64.
Morgenweite 3.
Nachtbogen 3. 4.
Nadir 2. 9.
Norden 2. 3.
Nordpol 5.
Nutation 43.
Oktaedris 64.
Ostern 2. 3.
Ostertermin 65. 66.
Parallelkreis 14.
Photosphäre 81.
Planet 5.
Planetoiden 85.
Polarkreis 16.
Polarstern 5.
Poldistanz 15.
Polhöhe 14.
Präcession 43.
Projektion 100. 101. 102.
Protuberanzen 79.
Quadraturen 60.
Rektascension 15.
Schaltjahr 47.
Scheitelkreis 9.
Schicht, umkehrende 81.
Schiefe der Ekliptik 13. 16.
Solstitialpunkte 13.
Sommersanfang 49.
Sonnenfackeln 80.
Sonnenfinsternis 62.
Sonnenflecken 80.
Sonnenspektrum 77.
Sonnenuhr 23.
Sonnenzeit 21.
Sonnenzirkel 49.
Sonntagsbuchstabe 49.
Sothisperiode 47.
Sphära parallela, recta, obliqua 32. 33.
Sternschnuppen 95.
Sterntag 14.
Strahlenbrechung 74. 75.
Stundenwinkel 14.
Süden 2. 3.
Südpol 5.
Syzygien 60.
Tag 45.
Tagbogen 3. 4.
Tierkreis 13.
Triangulation 24.
Vertikal 2.
Vertikalkreis 9.
Weltaxe 5.
Wendekreis 14.
Westen 2. 3.
Wintersanfang 49.
Woche 48.
Zeitgleichung 46.
Zenith 2. 9.
Zenithabstand 9.
Zodiakus 13.

Grundriss

der

physikalischen Geographie.

Für höhere Unterrichtsanstalten

bearbeitet

von

C. S. Cornelius.

Sechste verbesserte Auflage.

Mit eingedruckten Holzschnitten.

Halle a/S.,
Druck und Verlag von H. W. Schmidt.
1886.

Vorwort zur sechsten Auflage.

In anbetracht dieser Auflage stellte sich das Bedürfnis heraus, vielfache, dem dermaligen Standpunkte der Wissenschaft entsprechende Änderungen resp. Erweiterungen vorzunehmen. Dies ist geschehen ohne beträchtliche Vermehrung des Umfanges und unter Wahrung einer leichten Übersichtlichkeit. So dürfte das Buch an Brauchbarkeit merklich gewonnen haben, und zwar nicht allein zu dem auf dem Titelblatte bezeichneten Zwecke, sondern auch zur Selbstbelehrung.

Halle, im April 1886.

Der Verfasser.

Inhaltsanzeige.

Seite

Gegenstand der physikalischen Geographie.

Erstes Kapitel. Von der Beschaffenheit der Erde im allgemeinen.

1. Gestalt und Dichtigkeit der Erde 1
2. Verhältnis des Landes zum Meere 4
3. Meeresspiegel 7

Zweites Kapitel. Gestaltung des Festlandes.

4. Horizontale Gestaltung 11
5. Vertikale Gestaltung 19
6. Tiefländer 21
7. Terrassenländer 15
8. Inseln 17

Drittes Kapitel. Der tropfbar flüssige Teil der Erde oder das Wasser.

9. Quellenbildung 19
10. Chemische Beschaffenheit des Quellwassers 21
11. Flüsse, Ströme 22
12. Geschwindigkeit des strömenden Wassers 25
13. Wassermenge der Ströme 30
14. Beschaffenheit des Flußwassers 31
15. Oceanische und kontinentale Ströme 31
16. Seen 31
17. Beschaffenheit des Seewassers 33
18. Sümpfe, Moräste 34
19. Meer 35
20. Gestaltung des Meergrundes 36
21. Farbe des Meeres 36
22. Chemische Beschaffenheit des Meerwassers 40
23. Die Bewegungen des Meeres 40
    a. Wellenbewegung 40
    b. Ebbe und Flut 42
    c. Strömungen 46

Inhaltsanzeige.

Seite

Gegenstand der physikalischen Geographie.

Erstes Kapitel. Von der Beschaffenheit der Erde im allgemeinen.

1. Gestalt und Dichtigkeit der Erde 1
2. Verhältnis des Landes zum Meere 6
3. Meeresspiegel 7

Zweites Kapitel. Gestaltung des Festlandes.

4. Horizontale Gestaltung 10
5. Vertikale Gestaltung 10
6. Tiefländer 14
7. Terrassenländer 15
8. Inseln 15

Drittes Kapitel. Der tropfbar flüssige Teil der Erde, oder das Wasser.

9. Quellenbildung 17
10. Chemische Beschaffenheit des Quellwassers 21
11. Flüsse, Ströme 22
12. Geschwindigkeit des strömenden Wassers 23
13. Wassermenge der Ströme 24
14. Beschaffenheit des Flußwassers 26
15. Oceanische und kontinentale Ströme 26
16. Seen 26
17. Beschaffenheit des Seewassers 27
18. Sümpfe, Moräste 28
19. Meer 28
20. Gestaltung des Meergrundes 29
21. Farbe des Meeres 29
22. Chemische Beschaffenheit des Meerwassers 30
23. Die Bewegungen des Meeres 30
    a. Wellenbewegung 30
    b. Ebbe und Flut 31
    c. Strömungen 34

Viertes Kapitel. Von der Atmosphäre.
24. Höhe und Gestalt der Atmosphäre . . .
25. Bestandteile der Atmosphäre . . . . .

Fünftes Kapitel. Wärmeverhältnisse der Erde.
26. Wärmequellen . . . . . .
27. Täglicher Gang der Temperatur . . . .
28. Mittlere Temperatur des Tages . . . . .
29. Jährlicher Gang der Temperatur . . .
(Kälte- und Wärmerückfälle, S. 64.)
30. Mittlere Temperatur des Monats, Jahres ur
31. Thermische Linien . . . . . .
32. Klimatische Factoren . . . . . .
Verteilung von Land und Meer . .
Richtung der Luft- und Meeresströmu
Einfluss der Gebirge . . . . . .
(Föhn S. 76, Tag- und Nachtwinde S. 7
Sonstige lokale Factoren . . . . .
Thermische Normalen . . . . . .
33. Veränderungen der Klimate . . . . . .
34. Abnahme der Temperatur nach der Höhe
35. Temperatur des Bodens . . . . . .
36. Innere Erdwärme . . . . . .
37. Temperatur der Gewässer . . . . . .
a. Temperatur der Quellen . . . .
b. Temperatur der Flüsse und Seen
c. Temperatur des Meeres . . . .
38. Grenzen des ewigen Schnees . . . . .
39. Gletscher . . . . . .

Sechstes Kapitel. Nähere Betrachtung
welche mit den Temperaturverl
überfläche und Atmosphäre i
ziehung stehen.

A. W
41. [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]

...eographie.
...rde als ein Gan-
...möglichst genau
...gen, welche der
...physikalische Ge-
...e Anwendung der
...chichte der Erde
...iheren Zustände,
...irpers auf Grund
... als thunlich zu

...allgemeinen.
...de.
...wegt sich in der
...ad in demselben
...ehrt die mathe-
...lie Erde die Ge-
...g an den Polen

...gkeit des Erd-
...endet. Dieselben
...man die Massen
..., auch die Dichte

...atsache, dafs das
... der vertikalen

...sches Erscheinungen der

187
190
191
194
197
199
200
202

Seite

Viertes Kapitel. Von der Atmosphäre.

24. Höhe und Gestalt der Atmosphäre 50
25. Bestandteile der Atmosphäre 54

Fünftes Kapitel. Wärmeverhältnisse der Atmosphäre und Erde.

26. Wärmequellen 57
27. Täglicher Gang der Temperatur 61
28. Mittlere Temperatur des Tages 62
29. Jährlicher Gang der Temperatur 63
(Kälte- und Wärmerückfälle, S. 64.)
30. Mittlere Temperatur des Monats, Jahres und Ortes 65
31. Thermische Linien 67
32. Klimatische Factoren 70
Verteilung von Land und Meer 70
Richtung der Luft- und Meeresströmungen 72
Einfluss der Gebirge 75
(Föhn S. 76, Tag- und Nachtwinde S. 77)
Sonstige lokale Factoren 78
Thermische Normalen 79
33. Veränderungen der Klimate 80
34. Abnahme der Temperatur nach der Höhe 83
35. Temperatur des Bodens 87
36. Innere Erdwärme 92
37. Temperatur der Gewässer 93
a. Temperatur der Quellen 93
b. Temperatur der Flüsse und Seeen 95
c. Temperatur des Meeres 100
38. Grenzen des ewigen Schnees 105
39. Gletscher 107

Sechstes Kapitel. Nähere Betrachtung der Erscheinungen, welche mit den Temperaturverhältnissen der Erdoberfläche und Atmosphäre in besonderer Beziehung stehen.

A. Winde.
40. Ursache der Winde 110
(Land- und Seewinde S. 112)
41. Passatwinde 113
42. Monsunwinde 116
43. Windverhältnisse der außertropischen Zone 117
44. Neuere Theorie der Windverhältnisse 121
Barisches Gesetz 122
Cyclonische und anticyclonische Bewegung 122
Barometrischer Gradient 123

Seite
Ablenkende Kraft der Erdrotation 124
Fortbewegung der barometrischen Minima 127
Wind und Wetter 129
45. Wirbelstürme und Wettersäulen 133

B. Atmosphärische Feuchtigkeit.
46. Von der Verdunstung 141
47. Täglicher und jährlicher Gang der Feuchtigkeit 144
48. Einfluſs der Winde auf den Dampfgehalt der Atmosphäre . . 146
49. Thau, Reif und Eiswasserregen 147
50. Nebel 148
(Trockne Nebel S. 149.)
51. Wolken 151
52. Regen 158
53. Riesel und Hagel 164

C. Atmosphärischer Luftdruck.
54. Barometerstand 167
55. Täglicher Gang des atmosphärischen Druckes 168
56. Jährlicher Gang des atmosphärischen Druckes 170
57. Mittlere monatliche Veränderungen des atmosphärischen Druckes 171
58. Einfluſs der Temperatur und des Wasserdampfes auf die Veränderungen des atmosphärischen Druckes 172
59. Einfluſs der Winde auf den atmosphärischen Druck 173

Siebentes Kapitel. Vom Magnetismus der Erde.
60. Grunderscheinungen des Erdmagnetismus 175
61. Veränderungen der Declination, Inclination und der Intensität des Erdmagnetismus 176
62. Isogonische, isoclinische und isodynamische Linien 178

Achtes Kapitel. Von der Elektricität der Atmosphäre.
63. Verschiedene elektrische Zustände der Atmosphäre 180
64. Gewitter 182
65. Polarlicht 186

Neuntes Kapitel. Von den optischen Erscheinungen der Atmosphäre.
66. Farben des Himmels 187
67. Strahlenbrechung in der Atmosphäre 190
68. Luftspiegelung 191
69. Regenbogen 194
70. Höfe und Nebensonnen 197
71. Zodiakallicht 199
72. Sternschnuppen 200
73. Feuerkugeln. Meteorsteine 202
74. Irrlichter 204

Zehntes Kapitel. Veränderungen der Erde.

75. Veränderungen durch den chemischen Process (Verwitterung) . 206
76. Veränderungen durch atmosphärisches Wasser 207
77. Veränderungen der Erdoberfläche durch Gletscher 208
78. Veränderungen der Erdoberfläche durch das Meer- und Flufswasser 211
79. Veränderungen der Erdoberfläche durch die niedere Tierwelt . . 214
80. Veränderungen der Erdoberfläche durch die Pflanzenwelt . . . 216
81. Veränderungen der Erdoberfläche durch Erdbeben und Vulkane . 217

Eilftes Kapitel. Beschaffenheit der Erdrinde.

82. Verschiedenheit d. Felsarten, welche d. Erdrinde zusammensetzen 223
83. Einteilung der Felsarten mit Rücksicht auf ihre Entstehung . . 224
84. Schichtungs- u. Lagerungsverhältnisse der sedimentären Gesteine 226
85. Versteinerungen in den sedimentären Felsarten 227
86. Klassifikation und kurze Charakteristik der Gebirgsarten.
A. Sedimentäre Bildungen.
I. Angeschwemmtes (Alluvium) 229
II. Aufgeschwemmtes (Diluvium) 230
III. Gruppe der Molasse 231
IV. Gruppe der Kreide 232
V. Jura-Gruppe 232
VI. Trias-Gruppe 232
VII. Zechstein-Gruppe 233
VIII. Steinkohlen-Gruppe 233
IX. Grauwacken-Gruppe 235
(Devonische, silurische, laurentische Schichten, S. 235 f.)
Primäre, sekundäre, tertiäre und quartäre Periode 236
B. Krystallinisch-massige Felsarten.
a. Der Granit und Syenit 236
b. Der Grünstein (Diorit) 237
c. Der Porphyr und Trachyt 238
d. Phonolith, Dolerit, Melaphyr und Basalt . . . 238
e. Gruppe der Vulkane 240
C. Metamorphische Felsarten.
Gruppe der krystallinischen Schiefer 241
87. Art und Weise des Metamorphismus 243

Zwölftes Kapitel. Geschichte der Erdbildung.

88. Die Erde als planetarischer Körper oder als Glied des Sonnensystems 248
89. Bildung der Erdrinde 250
90. Klimatische Verhältnisse der Erde in früheren Zeiten 254

Gegenstand der physikalischen Geographie.

Die physikalische Geographie faſst die Erde als ein Ganzes auf, dessen natürliche Beschaffenheit sie möglichst genau zu erforschen strebt, indem sie die Erscheinungen, welche der Erdkörper als solcher darbietet, auf bekannte physikalische Gesetze zurückführt. Dieselbe läſst sich als eine Anwendung der physikalischen Wissenschaften auf die Naturgeschichte der Erde betrachten, insofern sie die dermaligen und früheren Zustände, die Entwickelung und die Fortbildung des Erdkörpers auf Grund klar erkannter physikalischer Principien so weit als thunlich zu erklären sucht.

Erstes Kapitel.

Von der Beschaffenheit der Erde im allgemeinen.

1. *Gestalt und Dichtigkeit der Erde.*

Die Erde, ein Glied des Sonnensystems, bewegt sich in der Richtung von West nach Ost um ihre Axe und in demselben Sinne um die Sonne. Das Nähere hierüber lehrt die mathematische Geographie, welche auch zeigt, daſs die Erde die Gestalt eines Sphäroids besitzt, dessen Abplattung an den Polen ungefähr $\frac{1}{289}$ beträgt.

Zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit des Erdkörpers hat man verschiedene Methoden angewendet. Dieselben beruhen im allgemeinen darauf, daſs, wenn man die Massen zweier Körper und die Dichte des einen kennt, auch die Dichte des anderen bestimmt werden kann.

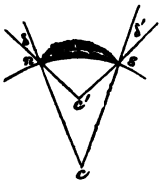
Die eine Methode stützt sich auf die Thatsache, daſs das Beilot in der Nähe eines hohen Berges aus der vertikalen

Richtung abgelenkt wird. Die Verlängerung des Bleilotes kann alsdann den Himmel nicht mehr im Zenith treffen, sondern mufs sich auf beiden Seiten des Berges nach entgegengesetzten Richtungen davon entfernen.

Die mittlere Dichtigkeit der Erde ergiebt sich aber aus dem Verhältnis der Anziehung der Erde zu derjenigen der Gebirgsmasse, sobald die Dichte der letzteren bekannt ist.

Bezeichnen n und s zwei Punkte des Berges, welche auf demselben Meridian liegen, und ist c der Winkel zwischen den eigentlichen Vertikalen, c' der aus den Zenithbeobachtungen in n und s bestimmte Winkel zwischen den abgelenkten Vertikalen, so hat man $c' - c = \delta + \delta'$. Da c sich aus dem Breitenunterschiede von n und s ableiten läfst, so ist der erste Ausdruck bekannt. Die Anziehung, welche der Berg in den Punkten n und s auf das Bleilot ausübt, hängt von den Dichtigkeiten der verschiedenen Materien ab, aus denen er besteht. Bezeichnet man diese Dichtigkeiten durch ϱ, ϱ', ϱ''..., durch a, b, c,... aber Gröfsen, die von der Gestalt des Berges und der Lage des Bleilots abhängen, so läfst sich die erwähnte Anziehung in einem der Punkte n und s durch die Formel $A = a\varrho + b\varrho' + \ldots$ darstellen. Für den andern Punkt hat man dann auf ähnliche Weise $A' = a'\varrho + b'\varrho' + \ldots$

Fig. 1.



Bezeichnet man aber das Volumen des Berges durch V, seine mittlere Dichte durch ϱ_1, und die Entfernung des Mittelpunktes aller partialen Anziehungen des Berges vom Bleilote (bei n) durch i, so ist $V\varrho_1$ die Masse des Berges und die Anziehung A des Berges auf das Bleilot $= \frac{V\varrho_1}{i^2}$. Befindet sich das Bleilot auf der anderen Seite des Berges in s, so hat man nach derselben Weise $A' = \frac{V\varrho_1}{i_1^2}$.

Die Anziehung, welche die Erde selbst auf das Bleilot ausübt, kann durch $g = \frac{4}{3}\pi r D$ ausgedrückt werden, wo r der Halbmesser und D die unbekannte mittlere Dichtigkeit der Erde ist. Als die Einheit der Anziehung gilt hier diejenige, welche die Masseneinheit in der Entfernung $= 1$ ausüben würde.

Man hat nun tang $\delta = \frac{A}{g}$ und tang $\delta' = \frac{A'}{g}$, oder, da man wegen der Kleinheit dieser Winkel die Tangente dem Winkel gleich setzen kann, $\delta = \frac{A}{g}$ und $\delta' = \frac{A'}{g}$.

Demnach $$\delta + \delta' = \frac{A + A'}{g},$$

oder auch $$c' - c = \frac{A + A'}{\frac{1}{2}\pi D}.$$

Aus dieser Formel läfst sich nun D ermitteln.

Da die Schwungkraft die Wirkung der Schwere vermindert, so hat man von der Anziehung der Erde denjenigen Anteil der Schwungkraft, welcher der Schwere am Beobachtungsorte gerade entgegenwirkt, in Abzug zu bringen.

Infolge des Umstandes, dafs die Massen der höchsten Berge der Erde, im Vergleich zur Gesamtmasse der Erde, immer sehr klein sind, werden die Ablenkungen des Bleilotes nur gering ausfallen und nur eine kleine Anzahl von Sekunden betragen.

Diese Methode wurde von Hutton und Maskelyne am Berg Shehallian in Perthshire ausgeführt und gab $D = 4{,}71$.

Da die Intensität der Schwere (oder die Massenanziehung der Erde) mit der Entfernung eines Körpers vom Mittelpunkte der Erde nach einem bestimmten Gesetze sich ändert, so kann auch die Länge des Sekundenpendels an verschiedenen Punkten, welche in ungleichen Entfernungen vom Mittelpunkte der Erde liegen, nicht dieselbe sein. Kennt man aber die Länge des Sekundenpendels für einen bestimmten Punkt, der im Niveau des Meeres liegt, so läfst sich für einen anderen Punkt die Länge des Sekundenpendels berechnen. Vergleicht man nun diese berechnete Länge mit der durch den Versuch ermittelten, so wird sich eine Differenz herausstellen, wenn die Anziehung eines Berges ihren Einfluſs auf das Pendel während des Versuchs geltend machte. Auch dieser Umstand läfst sich benutzen, um die Dichte der Erde zu bestimmen. Carlini mafs die Länge des einfachen Sekundenpendels auf den Mont Cenis und verglich dieselbe mit der Länge des Sekundenpendels zu Bordeaux. Die corrigierte Länge des Sekundenpendels unter 44°50'25" fand

Biot = 751^{mm},6151, woraus sich die Länge des Sexagesimal-Sekundenpendels unter 45° 14′ 10″ zu 993^{mm},498 berechnet. Carlini fand aber durch Beobachtung 993^{mm},708. Die Differenz von 0^{mm},210 ist nun eben die Folge von der Anziehung des Berges. Führt man dieselbe auf gewöhnliche Weise in die Rechnung ein, so ergiebt sich für die mittlere Dichte der Erde ungefähr 4,39. — Berechnungen von Drobisch auf Grund von Pendelbeobachtungen, welche 1200 engl. Fufs tief in den Gruben von Dolcoath in Cornwall angestellt wurden, führten für die mittlere Dichte der Erde zu der Zahl 5,43.

Eine andere, genauere Methode rührt von Cavendish her, welcher dazu einen Apparat benutzte, der grofse Ähnlichkeit mit der sog. Coulomb'schen Drehwage besitzt. Man denke sich einen sehr feinen vertikalen Metallfaden, der einerseits an einem festen Punkte aufgehängt ist, andererseits mit der Mitte eines dünnen horizontalen Hebels in Verbindung steht. An den Enden des letzteren befinden sich sehr feine Metallkügelchen. Werden nun diesen zwei grofse, gleichartige Kugeln aus demselben Stoffe genähert, so wird der Hebel in Folge der Anziehung, welche zwischen den kleinen und grofsen Kugeln stattfindet, aus seiner Gleichgewichtslage abgelenkt und mufs, gerade so wie ein Pendel, eine Reihe von Schwingungen machen. Wenn man aber die Länge dieses Pendels mit der Länge eines gewöhnlichen Pendels vergleicht, das seine Schwingungen in derselben Zeit vollführt, so läfst sich daraus einmal das Verhältnis der Anziehung der grossen Kugeln zur Gesamtanziehung der Erde oder zur Schwere und daher auch das Verhältnis der Masse dieser Kugeln zu derjenigen der Erde ermitteln. Auf diese Weise erhielt Cavendish, indem er Bleikugeln, jede zu 4 Centner, anwandte, für die mittlere Dichtigkeit der Erde die Zahl 5,48. Baily erhielt als Mittelzahl aus einer grofsen Anzahl nach dieser Methode ausgestellter Versuche den Wert 5,67. Reich kam durch Anwendung derselben Methode und bei Benutzung von Blei- und Eisenkugeln (60—90 Pf.) zunächst zu der Zahl 5,44, weiterhin aber auf Grund neuer Versuche (Poggend. Ann. Bd. 85, S. 150) zu 5,58, wobei die Dichte des Wassers als Einheit genommen ist.

Zu gleichem Behufe benutzte v. Jolly* eine gewöhnliche zweiarmige, aber feine Wage in oberen Stock eines Gebäudes, das gegen Erschütterungen möglichst geschützt war. Von jeder Schale hing ein etwa 20^m langer Metalldraht herab, der ebenfalls eine Schale trug. In einer der oberen Schalen lag ein Körper von bekannter Masse, dem Gegengewichte in der anderen Schale das Gleichgewicht hielten. Wurde nun der Körper in die entsprechende untere, am Drahte hängende Schale gebracht, so wirkte die Schwerkraft der Erde stärker auf ihn; daher denn die andere obere, mit Gewichten belastete Schale eine aufsteigende Bewegung vollziehen mußte, aus der die Gewichtszunahme des Körpers berechnet werden konnte. Natürlich mußte diese Gewichtszunahme und die damit verknüpfte aufsteigende Bewegung jener Schale noch erheblicher ausfallen, wenn man unmittelbar unter die tiefer hängende Schale, während der Körper sich darin befand, eine relativ große Bleikugel brachte, die dann anziehend auf denselben wirkte. Aus der Differenz der beiden soeben bezeichneten Gewichtszunahmen ergab sich die Wirkung, welche die Bleikugel auf den betreffenden Körper ausübte. Ferner ließ sich denn auch hier, sobald die Anziehung eines Körpers von bekannter Masse und Dichte auf einen anderen Körper festgestellt war, die Masse und Dichte der Erde selbst bestimmen. Auf diesem Wege erhielt v. Jolly für die Dichte des Erdkörpers im Mittel die Zahl 5,69. Fast zu demselben Werte gelangte mittels einer ähnlichen Vorrichtung Poynting in Manchester.**)

Die meisten Stoffe, welche sich in der obersten Erdrinde befinden, haben nun eine Dichte (2,7—3), welche erheblich geringer als die mittlere Dichte des Erdkörpers ist. Es muß demnach die Dichte der concentrischen Schichten des Erdsphäroids nach dem Centrum hin zunehmen. Diese Zunahme kann von der Verdichtung herrühren, welche durch den Druck der oberen Schichten auf die jedesmaligen unteren hervorgebracht wird.

---

*) Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge, Bd. 14.

**) Proceedings of the royal society of London, 38 S. 2.

2. *Verhältnisse des Landes zum Meere.*

Die Materie, welche die Erdoberfläche bildet, erscheint uns im Grofsen in zwei verschiedenen Aggregatformen, nämlich entweder als mehr oder weniger Starres oder als Tropfbarflüssiges. Das erste nennt man Land, das letztere in seiner relativ gröfsten Ausdehnung Meer oder Ocean. Überdies ist die ganze Erdoberfläche ringsum von einer Gashülle bedeckt, die man Atmosphäre nennt.

Grofse zusammenhängende Massen des Landes bilden Kontinente oder Festländer, die kleineren zerstreuten Teile desselben aber Inseln.

Solcher Kontinente kennt man hauptsächlich drei. Erstens die sogenannte alte Welt, welche die drei Erdteile Europa, Asien und Afrika in sich fafst, zweitens die sogenannte neue Welt oder Amerika, welche in der westlichen Halbkugel liegt, drittens südöstlich von der alten Welt in der südlichen Halbkugel Australien.

Das Weltmeer, welches das feste Land von allen Seiten umgiebt, hat in das letztere mancherlei Einschnitte gebildet, die man nach ihrer verschiedenen Gröfse Meerbusen, Buchten und Baien nennt. Überdies unterscheidet man verschiedene Teile des Weltmeeres, denen man besondere Namen gegeben hat. (s. Nr. 19.) Verhältnismäfsig schmale Teile des Oceans, welche benachbarte Meere mit einander verbinden, nennt man Meerengen. Denselben entsprechen in gewisser Beziehung die sogenannten Landengen, welche verschiedene Erdteile auf trockenem Wege mit einander verbinden.

Das Verhältnis des Landes zum Meere ist dem Flächeninhalte nach, ungefähr wie 1:2,765. Von den beiden Erdhälften, welche durch den Meridian von Ferro gebildet werden, enthält die östliche das meiste Land und zwar etwa in der Art, dafs auf dieselbe $\frac{3}{4}$, auf die westliche $\frac{1}{4}$ kommen. Nahe dasselbe Verhältnis dürfte zwischen der nördlichen und südlichen Hemisphäre bestehen. Legt man aber nach Ritter einen gröfsten Kreis um die Erde, der durch die Westküste Peru's und durch die Halbinsel Malacca längs der Südgrenze Asiens geht, so zerfällt die Erdkugel in eine nordöstliche und südwestliche

Hemisphäre, von denen die erstere fast alles Land, die letztere, aufser Australien, nur Wasser enthält.*)

3. *Meeresspiegel.*

Insofern die verschiedenen Teile des Oceans unter sich zusammenhängen oder mit einander communicieren, sollten ihre Oberflächen nach hydrostatischen Gesetzen einander entsprechen oder alle mit einer krummen Fläche zusammenfallen, die man sich rings um die Erde gezogen denken kann. Diese Fläche, welche eine sphäroidische Krümmung besitzt, nennt man den Meeresspiegel oder das allgemeine Niveau des Meeres. Der Meeresspiegel kann wegen der Centrifugalkraft, die am Äquator ihren gröfsten Wert hat und nach den Polen hin regelmäfsig bis zu Null abnimmt, nicht überall gleich weit vom Mittelpunkte der Erde entfernt sein. Das Äquatorialmeer wird weiter von dem bezeichneten Mittelpunkte abstehen als die Polarmeere. Nach G. Bischof**) ist das durch die Rotationsgeschwindigkeiten gehobene Meer am Äquator 33 mal so hoch als in 80° Breite. Die Gestalt der Oberfläche des Weltmeeres hat man, wenn man sie lediglich in ihrer Abhängigkeit von den Gegenwirkungen der Centrifugal- und Schwerkraft auffafst, als eine ellipsoidische anzusehen.

Die Erhabenheiten und Vertiefungen des festen Teils der Erdoberfläche werden nun auf das Niveau des Meeres bezogen. So ist die Höhe eines Berges in Bezug auf den Meeresspiegel die absolute Höhe desselben. Man denke sich zwei Linien gezogen, die eine von dem Mittelpunkte der Erde bis zum Gipfel des Berges, die andere aber bis zum Meeresniveau, und zwar in derselben geographischen Breite mit dem Berg. Alsdann ist die Differenz dieser beiden Linien gleich der absoluten Höhe des Berges. Man unterscheidet davon die relative Höhe desselben, welche nichts anderes ist als die senkrechte Entfernung seines Gipfels von seinem Fufse.

---

*) Vergleh. übrigens Wisotzki, die Verteilung von Wasser u. Land auf der Erdoberfläche. Königsberg 1879.

**) Die Gestalt der Erde und der Meeresoberfläche und die Erosion des Meeresbodens. 1867.

Indessen stimmt die Meeresoberfläche nicht genau mit der Oberfläche eines Rotations-Ellipsoids überein. Abweichungen werden herbeigeführt durch die Anziehung der Festländer auf die Wassermasse der umgebenden Meere. Diese Abweichungen sind verschieden je nach dem Relief, der Ausdehnung und der Dichte des Festlandes, wie auch nach der Meerestiefe. Demzufolge wird das Meeresniveau an den Küsten der Kontinente mehr oder weniger ansteigen. Daraus ergiebt sich denn weiter, dafs die durch direkte, trigonometrische oder barometrische Nivellements ermittelten Seehöhen nicht als die wahren vertikalen Abstände der gemessenen Punkte von der Oberfläche jenes Sphäroids, dem die wahre Meeresoberfläche angehört, betrachtet werden können, da man eben alle Höhen auf ein unregelmäfsig gestörtes und sogar veränderliches Niveau bezieht. Das Meeresniveau an den Küsten wird auch durch Hebungen und Senkungen des festen Landes verändert.*)

Man kann die Höhe eines Berges durch trigonometrisches Ausmessen, oder auch, wenn derselbe zugänglich ist, weniger genau aber bequemer mittelst des Barometers oder des Thermometers bestimmen. Bei Anwendung des Barometers beobachtet man den Luftdruck am Meeresspiegel oder am Fufse und gleichzeitig am Gipfel des Berges. Bezeichnet man nun durch b und b' die Barometerstände zweier Orte, deren Höhenunterschied H ermittelt werden soll, durch t und t' die an beiden Orten herrschenden Lufttemperaturen, so hat man nach dem Gesetze der Abnahme des Luftdruckes mit wachsender Höhe und mit Berücksichtigung des Mariotte'schen Gesetzes $H = C\,(\log b - \log b')\,(1 + \alpha\tau)$ Par. Fufs, wo C eine Konstante, $\alpha = 0{,}003665$ der Ausdehnungskoefficient der Luft für eine Temperaturveränderung von 1° C. und $\tau = \frac{t+t'}{2}$ ist.

Durch Anwendung besonderer Tafeln können die barometrischen Höhenmessungen erleichtert werden. Eine kleine zum bequemen Gebrauch sich empfehlende Tafel dieser Art gab Jordan (Zeitschrift für Vermessungswesen, 1874). Dieselbe stützt sich auf nachstehende Formel, worin H die Höhendifferenz in Metern.

---

*) Vergleh. J. Hann in Wochenschrift für Astronomie, Meteorologie und Geographie Nr. 28 ff. 1876: Über gewisse beträchtliche Unregelmäfsigkeiten des 'Meeres-'Niveaus. — S. auch v. Boguslawski, Handbuch der Oceanographie. Bd. I, S. 35. Stuttgart 1884.

b und b' die auf 0° reducierten Barometerstände der unteren und oberen Station, und τ die mittlere Lufttemperatur bedeutet:

$$H = 18516 \,(\log b - \log b')\,(1 + 0{,}00366\,\tau).$$

Wenn gröfsere Genauigkeit verlangt wird, ist an die betreffende Formel noch eine Korrektion wegen der mit der Breite wachsenden Schwere der Luft anzubringen. Bezeichnet g die Schwere unter 45° Breite, so ist dieselbe unter der geographischen Breite ψ in gleicher Entfernung vom Mittelpunkte der Erde $g_1 = g\,(1 - 0{,}002837 \cdot \cos 2\psi)$. Die berechnete Höhe mufs nun in demselben Verhältnis vermindert oder vermehrt werden, in welchem g_1 gröfser oder kleiner als g ist, weil z. B. bei geringerer Schwere eine höhere Luftsäule derselben Differenz beider Barometerstände (unten und oben) entspricht. Die corrigierte Höhe ist

$$H \cdot \frac{g}{g_1} \text{ oder näherungsweise } H\,(1 + 0{,}002837 \cdot \cos 2\psi).$$

Nach R. Rühlmann*) sind die aus Barometer- und Thermometerbeobachtungen berechneten Höhendifferenzen insgemein am Tage gröfser als bei Nacht und zeigen eine bedeutende tägliche Periode. Die aus Tages- und Monatsmitteln berechneten Differenzen bekunden, nach demselben, eine jährliche Periode von geringerer Weite als die tägliche. Die Jahresmittel geben nahezu richtige Höhen.

Die thermometrische Höhenmessung beruht auf der Thatsache, dafs die Siedetemperatur des Wassers vom Luftdruck abhängt, in der Art, dafs sie um so niedriger, je geringer der Luftdruck ist. Die Temperatur des Siedepunktes wird daher auf einem Berge um so niedriger liegen, je höher derselbe ist, so dafs also auch die Anzeigen eines zweckmäfsig konstruierten Thermometers zu Höhenbestimmungen benutzt werden können. Tafeln über die Spannkraft des Wasserdampfes lassen sich dazu gebrauchen, um aus den beobachteten Siedetemperaturen die entsprechenden Barometerstände zu ermitteln. Die Höhenunterschiede verhalten sich bekanntlich wie die Unterschiede zwischen den Logarithmen der Barometerhöhen, und nahe dasselbe Verhältnis besteht auch zwischen den Temperaturunterschieden und den Druckhöhen des Wasserdampfes. Die Höhenunterschiede verhalten sich aber auch nahe wie die Temperaturunterschiede des Siedepunktes. Zur Berechnung dient nach Christie die Formel:

*) Die barometrischen Höhenmessungen und ihre Bedeutung für die Physik der Atmosphäre, Leipzig 1870. — Über barometrische Höhenmessung vgl. auch C. Jelinek, „Anleitung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen".

$$H = 547{,}99\ (b - b')\ [1 + (t - 32) \cdot 0{,}00222],$$

wo b und b' die Siedepunkte zweier Stationen, H deren Höhenunterschied in englischen Fufsen und t die mittlere Temperatur beider Stationen (nach der Fahrenheit'schen Scala) ist.

Zweites Kapitel.

Gestaltuug des Festlandes.

4. *Horizontale Gestaltung.*

Die Hauptmomente derselben sind: eine Annäherung, Vereinigung und Ausbreitung des Landes im Norden, ein Auseinandertreten und eine Teilung, sowie eine zugespitzte Verengerung der Teile gegen Süden. Die beiden grofsen Festländer der Erde, die alte und neue Welt, laufen beide spitz zu, so dafs ihre pyramidal geformten Enden dem Südpol zugewendet sind. Diese Gestaltung wiederholt sich auch im Kleinen an allen Halbinseln von einiger Bedeutung: Südamerika, Südafrika, Cuba, Florida und den beiden Indien, ebenso an den europäischen Inseln des Mittelmeeres, der iberischen, italischen und hellenischen.

Die alte und neue Welt unterscheiden sich hinsichtlich ihrer horizontalen Gestaltung, dadurch von einander, dafs die erstere ihre gröfste Ausdehnung in der Richtung der Parallelkreise, von O. nach W., die letztere dagegen in der Richtung der Meridiane, von N. nach S., hat. Die Inselachse der alten Welt hat die Richtung von NO. nach SW., und diejenige der neuen Welt die Richtung von NNW. nach SSO. Beide Festländer können nämlich, da sie vom Ocean umflossen sind, füglich für Inseln gelten.

5. *Vertikale Gestaltung.*

Die charakterische Gestaltung der grofsen Kontinente ist vorzugsweise bedingt durch die vertikale oder senkrechte Erhebung des Bodens.

Hierbei ist sowohl das relative Verhältnis der Erhebungen zu ihren Umgebungen, als auch das absolute im Ver-

gleich zur Oberfläche des sphäroidischen Meeresspiegels von Bedeutung. Dies gilt von Flächen und Thälern nicht minder als von Bergen; denn auch jene können eine bedeutende absolute Höhe haben, wenn schon ihre Erhebungen über den Meeresspiegel im Vergleich zu den Bergen, welche sie umgeben, unbeträchtlich sein mögen. Die Quantität der gehobenen Massen ist indessen im Verhältnis zu dem Areal ganzer Länder nur unbedeutend. Denkt man sich den körperlichen Inhalt aller Bergketten und aller Tafelländer gleichförmig über die Kontinente verteilt, so erhält man als mittlere Erhebung der Festländer über das allgemeine Niveau der Meere für Europa 630′, für Nordamerika 700′, für Südamerika 1060′, für ganz Amerika 880′ und für Asien 1080′. Und die Höhe aller Kontinentalmassen über dem Meeresspiegel würde (ohne Afrika) 950′ betragen.

Nach Humboldt würden die Alpen, gleichmäfsig über den Flächenraum Europas ausgebreitet, diesen um 21 Fufs erhöhen. Dagegen fand neuerdings Leipoldt für diese Erhöhung 83,8 F. Nach demselben ist die Reihenfolge*), in der sich die europäischen Länder ihrer mittleren Höhe nach ordnen:

	m		m
1. Schweiz	1300	9. Grofsbritannien	218
2. Iberische Halbinsel	701	10. Deutsches Reich	214
3. Oström. Halbinsel	579	11. Rufsland	167
4. Österreich	518	12. Belgien	163
5. Apenn. Halbinsel	517	13. Dänemark excl. Island	35
6. Scandinavien	428	14. Königr. der Niederlande excl. Luxemburg	10
7. Frankreich	394		
8. Rumänien	282		

Erhöhungen der Erdoberfläche heifsen nun nach Mafsgabe ihrer Gröfse Hügel oder Berge, während die tieferen Stellen zwischen den Erhöhungen Thäler genannt werden. Eine Summe von Bergen aber, welche nach gewissen Gesetzen und in bestimmten Begrenzungen mit einander verbunden sind, heifst man Gebirge. Eine Reihe zusammenhängender Berge eines Gebirges bildet eine Gebirgskette. Den oberen Teil derselben nennt man den Rücken oder Kamm, die Seitenflächen die Abfälle (Abhänge) und den unteren Teil des Abfalls den Fufs. Ferner

*) Wochenschrift für Astronomie, Meteorologie und Geographie, Nr. 23; 1875

wird der obere Höhenzug eines Gebirges (in der Längsrichtung desselben) als Kammlinie bezeichnet. Die grofsen Thäler endlich zwischen je zwei verschiedenen, sich neben einander hin erstreckenden Gebirgsketten werden Haupt- oder Längenthäler genannt.

Der Kamm einer Gebirgskette ist mitunter sehr schmal. So giebt es in Deutschland einige Orte, wo der Kamm nicht die Breite eines Hauses hat, z. B. am Brenner in Tyrol, wo das Dachwasser eines Hauses von der einen Seite dem adriatischen, von der anderen dem schwarzen Meere zuströmt. Während in den französischen Gebirgen die Breite kaum eine Meile beträgt, ist sie in Norwegen bei Langfiels 8—10 und in Amerika selbst 50 Meilen.

In der Regel besteht der Abfall einer ganzen Gebirgskette aus einer grofsen Anzahl besonderer Abfälle, die man ersteigen mufs, um den Gipfel oder Kamm zu erreichen. Die beiden Abhänge einer Gebirgskette sind auch meist ungleich und einer immer kürzer und steiler wie der andere. Tiefe Einschnitte welche die Gebirgsketten an den Abhängen, senkrecht auf ihre Länge haben, bilden Querthäler, die von den vorher erwähnten, durch ganze Gebirgsketten gebildeten Längenthälern zu unterscheiden sind. Durch solche Einschnitte werden die Gebirgsketten in kleinere, untergeordnete Arme und Zweige geteilt, die sich ähnlich wie die Hauptketten verhalten. In der Regel fällt ihr Kamm nicht gleichförmig ab, sondern hält sich oft lange in einer bedeutenden Höhe, um dann plötzlich abzufallen. Wenn sie sich bis zum Meere erstrecken und da schnell endigen, so nennt man sie Kap oder Vorgebirge.

Die Pässe sind Vertiefungen zwischen den Gipfeln eines Gebirges und bezeichnen die tiefsten Einschnitte des Kammes. Nach Ebel erscheinen in den höheren Gebirgen die vorzugsweise sogenannten Pässe stets als scharf bezeichnete Einschnitte, welche quer durch das ganze Gebirge hindurchsetzen, so dafs sie aus der Verbindung zweier entgegengesetzt auslaufender Thäler gebildet werden. Dieselben lassen sich als Vereinigungspunkte zweier durch das Gebirg getrennter Länder betrachten. So verbinden z. B. die Pässe über den Brenner und St. Gotthard das westliche Deutschland mit Italien, der Pafs des Puymorin Frankreich mit Spanien.

Für die gröfseren senkrechten Erhebungen hat man die allgemeine Bezeichnung Hochland, wovon Gebirgs- und Plateauländer (Tafelländer, Hochebenen) nur besondere Arten sind.

Plateauländer sind nach Ritter Gesamterhebungen geschlossener Erdräume, während Gebirgsländer nicht geschlossen, sondern durch Tiefthäler und Thalspalten nach allen Richtungen hin durchschnitten sind. Dagegen findet sich bei den letzteren eine bedeutende Einzelerhebung abgesonderter Gipfelmassen und Kettenzüge.

Aus diesen Unterscheidungsmerkmalen zwischen Gebirgs- und Plateauländern folgt ein gröfserer Reichtum der Natur in den ersteren, eine gröfsere Gleichförmigkeit in den letzteren. Doch findet man auch in Plateauländern Einzelerhebungen, teils als Plateaugebirge, welche die oft dürren Flächen der Hochebenen unterbrechen, teils als Randgebirge, welche die Abfälle der Tafelländer umgeben, oder endlich als Inselgebirge, welche für sich, gewissermafsen ohne Verbindung mit den Gesamterhebungen aufsteigen und in den mannigfaltigsten Stellungen als vereinzelte Gebirgssysteme erscheinen.

v. Sonclar bezeichnet als Hügel oder Berg eine wenig ausgedehnte, schwach oder auch gar nicht gegliederte Reliefform, die sich entweder durch isolierte Stellung oder durch mehr oder weniger tief einschneidende Kammsättel samt den beiderseitigen Kammhängen als eine physisch individualisierte Bodenmasse darstellt. Demnach ist denn das Gebirge ein gegliederter Komplex von ungegliederten, untereinander in bestimmter Verbindung stehenden Bergen, ein Komplex, dem eine relativ erhebliche Horizontalerstreckung zukommt. Der Inbegriff mehrerer zusammenhängender Gebirge ist ein Gebirgssystem, bezüglich dessen sich wieder einzelne näher zusammengehörige Glieder zu einer Gebirgsgruppe zusammenfassen lassen.

Näheres über die räumlichen Verhältnisse der Gebirge s. bei v. Sonclar, Allgemeine Orographie: Die Lehre von den Reliefformen der Erdoberfläche. Wien 1873.

6. *Tiefländer.*

Den Gegensatz zu den Hochländern bilden die Tiefländer, flache oder durch Hügel wellenförmig geformte Land-

strecken von höchstens 500′ absoluter Höhe. Dieselben unterscheiden sich von den Gebirgsländern und Hochebenen teils durch ihre relativ oder absolut tiefere Lage, teils durch eine viel gröfsere Gleichförmigkeit ihrer Oberfläche, so dafs man in ihnen nach allen Seiten hin einen freien Horizont hat. Sie erstrecken sich meist von den Küsten aus mehr oder weniger gegen das Innere hin, wo sie die Hochländer umgeben, wie namentlich in Asien und Europa. Nur an wenigen Orten liegen sie, wie in Belgien und Holland, mit dem Meere in derselben Ebene. In den eben genannten Ländern liegen einzelne Punkte sogar tiefer als das allgemeine Niveau des Meeres, was auch mit dem Kaspischen Tieflande und dem toten Meere der Fall ist.

Während manche Tiefländer fruchtbare Länderstriche darstellen, giebt es wieder andere, die von organischem Leben mehr oder weniger entblöfst sind. Diese nennt man Wüsten und Steppen. Jene sind mit feinem Kiessand bedeckte oder auch ganz nackte, felsige Flächen. Die Luft über denselben ist wolkenlos, heifs, trocken und mit dem feinsten Sande beladen. Die Ursache der Abwesenheit aller Vegetation ist der Mangel an Wasser, der durch das Klima und die Lage des Landes bedingt ist.

Nur wenige Orte dieser Wüsten zeigen eine üppige Vegetation und ragen wie Inseln aus dem Sandmeer hervor; man nennt sie Oasen. Nach Humboldt beträgt der Erdstrich, den die Sandwüsten Afrikas und Asiens einnehmen, ohne die Oasen, ungefähr 112,000 Quadratmeilen. Derartige Wüsten fehlen in der neuen Welt fast ganz.

Obschon die Steppen den Wüsten im allgemeinen gleichen, so unterscheiden sie sich doch dadurch von diesen, dafs sie eine gewisse Zeit (Regenzeit) hindurch mit Pflanzen (Gramineen) bedeckt sind. Man findet die Steppen in allen Zonen, sowohl in der alten als auch in der neuen Welt. So im Südost von Europa, in Ungarn zwischen der Drau und der Theifs, in Russland zwischen dem Boristhenes, dem Don und der Wolga. In Asien erstrecken sie sich von der chinesischen Mauer bis zum Aralsee. Nicht minder reich an Steppen ist Amerika, in dem sich eine der gröfsten auf der Erde von der Küstengebirgs-

kette von Caraccas bis zu den Wäldern von Guyana erstreckt. Die amerikanischen Tiefebenen nennt man gewöhnlich Llanos, Savanen, Prairien oder Pampas.

7. *Terrassenländer.*

Zwischen den Tief- und Hochländern stehen noch die Stufen- oder Terrassenländer, deren Stufen je nach der Art und Weise, wie sie den Übergang der beiden erstgenannten Länder zu einander vermitteln, bald den Charakter von Gebirgländern, bald den von Hochebenen zeigen.

8. *Inseln.*

Unter Inseln verstehen wir hier Teile der festen Erdrinde, welche durch das Meerwasser ringsum von den gröfseren Kontinenten getrennt sind (s. Nr. 2). Man pflegt Gestade- und pelagische Inseln zu unterscheiden. Die ersteren befinden sich in der Nachbarschaft der Kontinente, deren Uferumsäumungen sie aufs Vielfachste bereichern. Die pelagischen Inseln liegen dagegen weit ab von einem Erdteile im offenen Ocean. Hinsichtlich der Gestalt sind die langgestreckten und schmalen von den kreisrunden und elliptischen zu unterscheiden. Während sich die ersten nie beträchtlich von den Küsten gröfserer Kontinente entfernen und gewöhnlich reihenweise (Ketten bildend) vorkommen, erscheinen die anderen mehr selbständig, vereinzelt, d. h. ohne nähere Beziehung zu den Küsten der Kontinente. Die erste Art zeigt sich auf eine ausgezeichnete Weise im grofsen und atlantischen Ocean.

Die runden Inseln teilte Forster in hohe und niedere. Jene haben eine mehr oder weniger vollkommene Kegelgestalt mit einer gröfseren oder kleineren kesselförmigen Vertiefung, deren Wände sehr zackig sind. Die Gebirgsarten dieser Inseln, gewöhnlich Basalt, Mandelsteine, Conglomerate, bilden deutliche Bänke, welche ringsum mit der Oberfläche parallel gehen. Derartige basaltische Inseln sind nach L. v. Buch durch vulkanische Kräfte aus dem Boden des Meeres hervorgetrieben worden. Die niederen Inseln sind z. T. das Erzeugnis von im Meere lebenden Tierchen.

Unter Bezugnahme auf die Entstehung der Inseln spricht Peschel*) von solchen, die niemals Festland waren, und von anderen, die man als Bruchstücke früherer Festlande zu betrachten habe. Zu den ersteren zählt Peschel die Atolle des stillen und indischen Meeres, sodann die vulkanischen Inseln alten und neuen Datums. Die andere Klasse umfaßt die alten Kontinentalinseln, welche bereits in geologischer Vorzeit abgetrennt wurden, wie die Antillen, Neu-Guinea, ferner die in neuerer Zeit abgetrennten Inseln, wie Großbritannien, Sumatra, Java etc. und endlich die zusammengeschrumpften Weltinseln, wie Madagaskar und Neu-Seeland. A. Kirchhoff**) unterscheidet überhaupt festländische Inseln und ursprüngliche Inseln. Jene zerfallen wieder in Abgliederungs- und Restinseln, die ursprünglichen hingegen in submarin entstandene vulkanische Inseln, in Aufschüttungsinseln und nicht vulkanische Hebungsinseln***)

Drittes Kapitel.

Der tropfbarflüssige Teil der Erde oder das Wasser. (Hydrologie.)

Das Wasser, welches den festen Teil der Erdoberfläche bedeckt, stellt sich unserer Wahrnehmung in verschiedenen Formen dar, die durch die Worte Quellen, Riesel, Bäche, Flüsse, Ströme, Seeen und Meere bezeichnet werden. Auch sind die Sümpfe resp. Moräste noch hierher zu rechnen.

9. *Quellenbildung.*

Zwischen der Erde und Atmosphäre findet in Beziehung auf das Wasser ein beständiger Wechsel statt. Denn durch die Wärme in Dampf verwandelt steigt es empor und bildet Wolken, um aus diesen wieder in der Form von Regen, Schnee u. dgl. auf die Erde herabzufallen. Ist nun der Boden für das Wasser durchdringlich oder, wie dies bei vielen Felsschichten der Fall

---

*) Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde. Leipzig 1881. S. 24.

**) Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie, 3. Jahrg. S. 169.

***) Vglch. ferner Hahn, Inselstudien, Leipzig 1883, und Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde. Leipzig 1884. S. 233.

ist, nach allen Richtungen zerklüftet, so sinkt es in den Zwischenräumen so lange abwärts, bis es durch eine schon vorhandene Wasseransammlung oder durch eine undurchdringliche Erdschicht, z. B. durch ein Thonlager, aufgehalten wird. Auf dieser Unterlage fließt es nach bekannten hydrostatischen Gesetzen weiter, bis sich eine Öffnung nach aufsen darbietet, wo es dann als natürliche Quelle zu Tage treten muſs. Derartig müssen wir uns nun die Erdrinde von zahlreichen, mehr oder minder langen und breiten, Wasseradern durchzogen denken, von denen manche wohl auch ganz gesperrt bleiben oder sich im Innern der Erde verlieren. Alle verborgenen Zuflüsse aber, durch welche eine Quelle gespeist wird, bilden zusammen ihr Wurzelsystem.

Man erkennt nun leicht, daſs der Wasserreichtum einer Quelle, dessen Wechsel und Beständigkeit sowohl von der Struktur und Gestaltung des Bodens, als auch von klimatischen Verhältnissen abhängen muſs. Kann das über einen groſsen Bezirk gefallene Wasser vermöge der Struktur des Bodens sich in unterirdischen Behältern ansammeln, und von hier aus weiter fließen, so ist damit eine Bedingung wasserreicher Quellen gegeben. Aber auch die Lage und Neigung der Schichten ist für die Quellenbildung wichtig. In sehr vielen Teilen der Centralalpen, wo die Schichten steil aufgerichtet sind, ist es, nach Beobachtungen A. Schlagintweits, eine nicht seltene Erscheinung, die eine Seite eines Bergzuges mit üppiger Vegetation bedeckt zu sehen, während die entgegengesetzten Abhänge ganz davon entblöſst sind. Dieser Umstand hängt mit dem Mangel oder Überfluſs an Quellwasser zusammen, welcher durch die Schichtenstellung bedingt ist. Die atmosphärischen Wasser sammeln sich nämlich an den Schichtenflächen und sickern in der Richtung derselben herab, während an den Seiten, wo die hocherhobenen Schichtenköpfe anstehen, groſser Wassermangel herrscht. Modifikationen bewirken in den Alpen namentlich die hohen Abfälle und die terrassenförmige Gestaltung der Gebirge. Fast überall trifft man am Fuſse dieser Wände eine Reihe schöner Quellen.

Die Witterung und Jahreszeiten haben thatsächlich einen entschiedenen Einfluſs auf den Wasserreichtum der meisten

Quellen. Diejenigen Quellen, welche ihre Nahrung vorzugsweise vom Nebel und Regen empfangen, nehmen in trockenen Sommern allmählich ab, beim Beginn der feuchten und regnerischen Jahreszeit aber wieder zu, solche dagegen, welche ihr Wasser vornehmlich von geschmolzenem Schnee erhalten, haben gerade im Sommer, wo der Schnee auf den Gebirgen schmilzt, ihren reichlichsten Zufluſs. Ausgedehnte und stark bewaldete Hügel- und Berggruppen geben, namentlich wenn sie zugleich eine bedeutende Höhe haben, so daſs sie infolge der nach der Höhe abnehmenden Temperatur das atmosphärische Wasser leicht verdichten können, viele oder doch einzelne sehr wasserreiche Quellen. Auf hohen Berggipfeln kann unter Umständen auch die Thaubildung einigen Einfluſs haben. Ausgezeichnet durch die Beständigkeit ihres Wasserreichtums werden diejenigen Quellen sein, welche aus einer bedeutenden Tiefe kommen und ein sehr ausgedehntes, reich verzweigtes Wurzelsystem haben.

Bei den gebohrten, wie auch bei den gegrabenen Brunnen kommt es vor, daſs das aufgefundene Wasser sich mehr oder weniger über die Oberfläche der Erde emporhebt. Man findet dies namentlich bei den artesischen Brunnen, die ihre Namen von der französischen Grafschaft Artois haben. Denken wir uns eine muldenförmige, das Wasser durchlassende Sand- oder Kiesschicht *ss'*, welche zwischen zwei wasserdichten Thonschichten *aa'* und *bb'* liegt. Das von der einen Seite in die mittlere Schicht dringende atmosphärische Wasser wird sich hier ansammeln und an dem tiefer gelegenen Punkte *s* quellenförmig hervortreten können. Wird aber das Lager *bb'* bei *e* durchbohrt, so muſs das Wasser hier bis zu einer Höhe sich erheben, die dem Druck desselben an dieser Stelle entspricht. Die Steighöhe des Wassers wird um so geringer ausfallen, je näher der Ausfluſsöffnung *s* das Bohrloch angebracht ist. Man sieht übrigens,

Fig. 2

Fig. 3.

dafs die Bedingung zu einem artesischen Brunnen auch da gegeben ist, wo die Schichten auf die in der Fig. 3 angegebene Weise an ein festes Gestein anstofsen. Auch können mehrere solcher wasserführenden Schichten sich in verschiedenen Tiefen übereinander befinden.

Quellen, welche bald stark, bald schwach fliefsen, nennt man wohl schlechthin periodische Quellen. Die Ursache dieses ungleichen Fliefsens kann ungleicher Luftdruck auf die Behälter des Wurzelsystems infolge regelmäfsig wechselnder Winde, bei Quellen an Meeresküsten aber der veränderliche Druck des Meeres — zur Zeit der Ebbe und Flut sein. Im allgemeinen lassen sich alle Quellen hierher rechnen, welche von den Jahreszeiten und Witterungsverhältnissen entschieden abhängig sind.

Intermittierende Quellen sind solche, welche in mehr oder minder langen Zwischenräumen abwechselnd fliefsen und nicht fliefsen. Die Ursache der Unterbrechung kann sehr verschiedenartig sein. Bei Quellen, die mit einer reichlichen Gasentwickelung verbunden sind, kann der Ausfluſs durch eine Anhäufung von Luftblasen, bei anderen Quellen durch eine Anhäufung von Sand in den Kanälen eine Zeit lang völlig gehemmt werden. Dann kann auch die Ursache in heberförmigen Kanälen liegen, die mit Wasserbehältern in Verbindung stehen. Steigt das Wasser in dem Behälter *B* (Fig. 4.) über den Punkt *a*, so füllt sich der Heber *cae* und der Behälter wird ausgeleert, so dafs das Wasser erst wieder nach einiger Zeit, nachdem der Behälter sich von neuem gefüllt hat, zum Ausflusse gelangen kann. Endlich ist noch möglich, dafs durch die Spannkraft von Wasserdämpfen, welche sich allmählich in den oberen Teilen eines Behälters (Fig. 5.) ansammeln, das Wasser durch den vertikalen, unten in dasselbe eintauchenden Kanal, wie aus einem Heronsballe, in die Höhe getrieben wird. Da die Elasticität der Dämpfe, um dies zu bewirken, allemal ein bestimmtes Maximum erreicht haben mufs, so kann der Ausfluſs natürlich nur intermittierend sein. Diese Erklärung sollte namentlich für die heifsen Quellen gelten,

Fig. 4.

Fig. 5.

welche ihr Wasser in regelmäfsigen Zwischenzeiten empor-schleudern. Die heifsen Quellen Islands aber, wie der grofse Geysir, senden ihr Wasser mehr stofsweise hervor, auf eine Weise, die mit der eben charakterisierten Ansicht nicht wohl übereinstimmt. Die Eruptionserscheinungen des grofsen Geysir erklären sich nach Bunsen folgendermafsen.

Denken wir uns nämlich eine cylindrische Wassersäule welche bis zu einer gewissen Tiefe in die Erde hinabreicht. Wird nun diese Säule von unten her durch eindringendes Wasser von hoher Temperatur erhitzt, so werden allmählich verschiedene Schichten der Säule die Temperatur des Siedpunktes erhalten. Die von Innen sich entwickelnden Dampfblasen werden freilich, sobald die zu Schichten gelangen, die noch weiter vom Siedpunkte entfernt sind, wieder zu Wasser verdichtet werden. Allmählich kommt aber eine immer gröfsere Anzahl von Schichten dem Siedpunkte nahe und den von unten aufsteigenden Dampfblasen wird es immer leichter, sich in ihrem Zustande zu behaupten und selbst zu vergröfsern. Durch das Aufwallen des Dampfes wird ein Teil der flüssigen Säule gehoben und entfernt. Dadurch vermindert sich der Druck von oben, die Dampfbildung nimmt rasch zu und endlich wird das Wasser gemischt mit Dampf in der Form eines mächtigen Strahles emporgeschleudert. Während die die Geysirröhre erfüllende Flüssigkeitssäule beständig von unten her durch eindringendes Wasser von hoher Temperatur erhitzt wird, erleidet sie oben an dem grofsen Wasserspiegel des Beckens eine stete Abkühlung. Thermometrographische Messungen ergaben, dafs die Temperatur an allen Punkten der Wassersäule mit der nach der letzten Eruption verflossenen Zeit in stetem Steigen begriffen ist, und dafs die Temperatur in der mittleren Höhe des Geysirrohres dem daselbst der drückenden Wassersäule entsprechenden Kochpunkte am nächsten liegt, und um so näher rückt, je mehr der Zeitpunkt einer grofsen Eruption herannaht. Einige Minuten vor der Eruption wurde eine Temperatur beobachtet, welche den entsprechenden Kochpunkt des Wassers etwas überstieg. Die Condensation der von unten aufsteigenden Dampfblasen in einer höheren, kälteren Wasserschicht verursacht eine kleine Detonation, die von einer halbkugelförmigen Hebung und gleich darauf

wieder erfolgenden Senkung der Wasseroberfläche begleitet sie. Diese Dampfdetonationen nehmen erst 4 bis 5 Minuten vor einer grofsen Eruption ihren Anfang und wiederholen sich dann in Zwischenzeiten von 1 bis 2 Stunden bis zum nächsten Ausbruch, dem sie stets in rascher Folge und in immer heftigeren unmittelbar vorangehen. Bei den hierbei periodisch eintretenden Hebungen der Wassersäule dringt das Wasser aus der Mündung der Röhre in Gestalt eines kuppigen Wasserberges hervor. Indem nun die unteren erhitzten Wassermassen stoßweise in den oberen Teil der Geysirröhre hineingedrängt werden, geraten sie hier unter dem vermehrten Druck zum Kochen, und bewirken die kleinen, mit geringen Eruptionen verbundenen Aufkochungen, die man zwischen den grofsen Ausbrüchen beobachtet. Das Kochen pflanzt sich hierbei ziemlich von der Mitte des Geysirrohres nach dem Boden desselben hin fort. — Unmittelbar nach erfolgter Eruption steht das 1m bis 2m tief in der Röhre stehende Wasser allmählich während einiger Stunden bis an den Rand des Beckens, wo es ruhig in der Gestalt einer kleinen Cascade abfliefst.

Einige Bedenken gegen die von Bunsen gegebene Ansicht wurden von Lang erhoben. Vgl. O. Lang. Über die Bedingungen der Geysir: Göttinger Gel. Nachrichten 1881. S. 721 und dagegen Zöppritz, die Fortschritte der Geographie: Wagner's geographisches Jahrbuch, 9. Bd., S. 35.

10. *Chemische Beschaffenheit des Quellwassers.*

Das Quellwasser kann begreiflicherweise nur in den seltensten Fällen ganz rein sein, da es auf seinem Wege durch verschiedene Gebirgsmassen mancherlei lösliche Stoffe aufnehmen mufs. Aus Granit- und Sandgebirgen kommt das reinste Wasser zu Tage. Fast alle Quellwasser enthalten kohlensaure Kalkerde. Der sog. Pfannenstein in unseren Dampfkesseln ist grofsenteils nichts anderes als Kalk, welcher sich beim Verflüchtigen der Kohlensäure absetzt. Sehr reich an kohls. Kalk sind die Karlsbader Quellen. Gegenstände, welche man in dieselben legt, überziehen sich bald mit einer Rinde oder werden, wie man gewöhnlich zu sagen pflegt, inkrustiert. Von besonderer Merk-

würdigkeit ist die Quelle Huanca velica, 30 Meilen von Lima in Peru, welche durch Verdunstung ihres Wassers so viele feste Teile absetzen soll, dafs dieselben als Quadersteine zu Bauten verwendet werden können.

Quellen, welche viele mineralische Bestandteile enthalten nennt man Mineralquellen oder auch, wenn sie zugleich wegen ihrer medizinischen Wirkungen geschätzt werden, Gesundbrunnen. Man hat sie in vier Hauptgruppen gebracht, nämlich in Sauerbrunnen, Bitterwasser, Schwefelwasser und Salzquellen.

Sauerbrunnen mit vorwiegendem Gehalt an Kohlensäure finden sich an gar vielen Orten. Pyrmont enthält nach Osann in 15 Unzen 44 Kubikzoll freie Kohlensäure, Fachingen 37, Selters 26, Kissingen 37. — Da in der Nähe vieler Säuerlinge das kohls. Gas von den Quellen getrennt aus dem Boden aufsteigt, so ist es wahrscheinlich, dafs die letzteren ursprünglich aus süfsem Wasser bestehen, das sich mit der aufsteigenden Kohlensäure mischt.

Gewöhnliche Bestandteile der Säuerlinge sind noch kohls. Alkalien. Sauerbrunnen mit etwas vorwiegendem kohlens. Eisenoxydul nennt man Stahlwasser.

Die Bitterwasser zeichnen sich durch einen starken Gehalt an schwefelsaurer Bittererde aus, welche durch gegenseitige Zersetzung von Gyps und Dolomit entstehen kann.

Die Schwefelwasser haben gewöhnlich einen Geruch nach faulen Eiern und einen süfslichen Geschmack, was von einem Gehalt an Schwefelwasserstoffgas herrührt, das in vielen Fällen von einer Zersetzung des Gypses oder anderer schwefelsaurer Salze durch organische Substanzen entsteht. Oder es entstehen aus dieser Zersetzung Schwefelmetalle, die nach Bischof wieder durch heifse Wasserdämpfe eine Zerlegung erfahren. Es giebt kalte und warme Schwefelwasser, letztere in gröfserer Menge als erstere. Aachen, Nenndorf, Gastein, Barèges u. s. w. Reich an Salpeterquellen, wie auch an solchen, die schwefelsaures Kupfer enthalten, ist Ungarn. Letztere kommen auch bei Altenburg im sächsischen Erzgebirge, am Rammelsberg bei Goslar und zu Falhun in Schweden vor.

keit des strömenden Wassers.

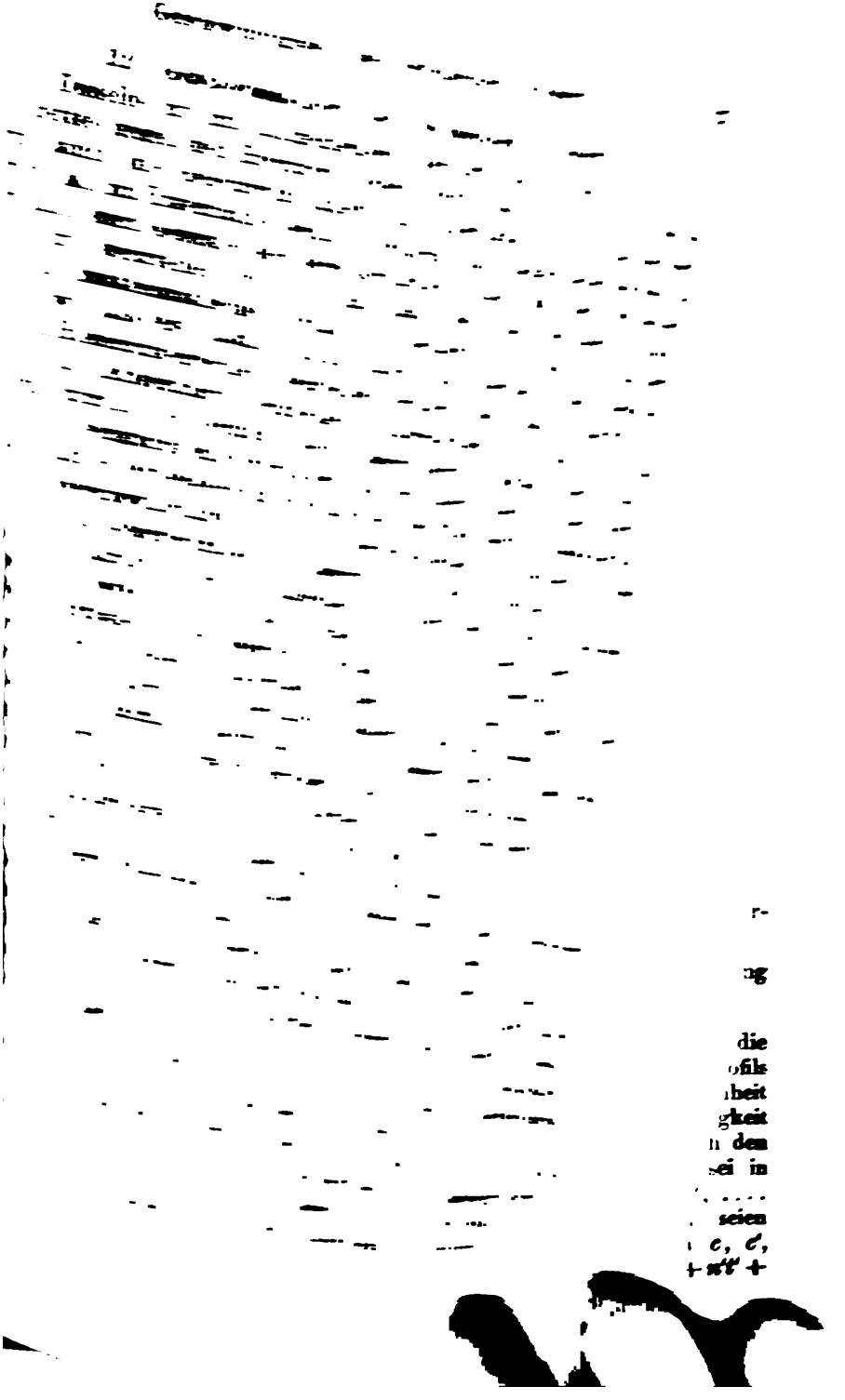
igkeit des strömenden Wassers.

llgemeinen bedingt durch die Neigung
rizont oder durch das Gefälle. Darum
ndigkeit im Oberlaufe im allgemeinen
sein. Obgleich nun diese Geschwindig-
des beschleunigten Falles auf der schiefen
so hat man sich die letztere doch
Sinne zu denken, da das Flufsbett,
Erhöhungen und Vertiefungen besitzt.
derselben ergiebt sich das eigentliche
inzelner Flufsstrecken ist das Gefälle
ng des Wasserspiegels gegen den Hori-
richt dem Höhenunterschiede oder verti-
Endpunkte der betreffenden Flufsstrecke.
ist in verschiedenen Punkten eines
s (Wasserprofils) sehr ungleich. Sie
Flufsbettes am kleinsten und nimm
den Seiten als von unten her, z
ieren Schichten auf die unteren soll
nehmen, aber die Ungleichheit
bedingen andere Verhältnisse.
rdings vom Wasserspiegel abwi
gewissen Tiefe ein Maximum,
s Flufsbettes wieder kleiner w
sie in der Mitte des Profils
berfläche am gröfsten. Die S
entspricht insgemein der tie
die Stromrinne nennt.
schwindigkeit nach dem Uf
gkeitsabnahme ist von der
on seiner materiellen Besch
r Flufs durch eine Krüm
als Ort der gröfsten Ges
oncaven (hohlen) Ufers.
it eines Stromprofils i
Profil fliefsenden Wasse
viel Wasser hindurch
in [redacted] Pu

wässer des Baltischen und Schwarzen Meeres von einander trennt; und oftmals treten die Wasserscheiden in grofsen Ebenen auf, fern von hohen Gebirgszügen, was z. B. bei den meisten Gewässern Nordamerika's der Fall ist. Merkwürdig ist aber auf flachen Wasserscheiden die Verbindung zweier Flufsgebiete durch die sogenannte Gabelung. Wenn nämlich der Hauptfluſs sehr nahe an der Scheidungslinie selbst fortfliefst, so kann ein Teil seiner Wassermasse da, wo die genannte Linie eine Vertiefung darbietet, das ursprüngliche Thal verlassen und in das benachbarte übergehen, ohne aus diesem zurückkekren zu können. So stehen der Orinoco- und Amazonenstrom durch den Cassiquiare in Verbindung.

Bei jedem grofsen Strome lassen sich drei Stufen seines Laufes unterscheiden, nämlich der Ober-, Mittel- und Unterlauf. Der erstere findet sich in der Nähe des Quellenbezirkes mit stark gegen den Horizont geneigtem Bette. Im Hochgebirge erscheint er als Gebirgsstrom durch die Vereinigung tobender und schäumender Wildbäche. Von den letzteren fliefsen einige nur im Frühjahre beim Schmelzen des Schnees oder im Sommer nach Gewittern. Die Wildbäche, wie die Gebirgsströme, führen viele Felstrümmer mit sich und bedecken in flachen Thälern häufig das ganze Bett des Thalgrundes mit Kies und Sand. Da, wo der Strom aus dem Gebirgsland heraustritt, wird sein Lauf regelmäfsiger und seine Geschwindigkeit gleichförmiger. Hier beginnt sein Mittellauf, der die Bedingungen zu seiner Schiffbarkeit enthält. Je mehr sich aber die Stromlinie der Horizontalen nähert, desto geringer wird, bei sonst grofser Wassermasse, die Geschwindigkeit und Stofskraft der letzteren. Der Strom befindet sich in seinem Unterlaufe. Schlamm und Sand, welche er mit sich führte, fallen in immer gröfserer Menge zu Boden und nötigen ihn, sich neue Wege zu suchen. Dadurch wird denn eine Zerteilung der Strommasse in mehr oder weniger zahlreiche Mündungen veranlafst.

Da ein Fluſs immer die niedrigsten Stellen der Erdoberfläche einzunehmen sucht, so wird sein Lauf häufiger eine gekrümmte als eine gerade Bahn beschreiben. In der Regel nimmt die Anzahl der Krümmungen gegen die Mündung hin zu.



Profils wirklich durchfliefst. Die Geschwindigkeit ist gleichförmig, wenn die durch das Gefälle bewirkte Beschleunigung in jedem Augenblick von der durch Reibung und sonstige Widerstände herbeigeführten Verzögerung aufgehoben wird.

Die hier in Betracht kommenden Widerstände sind die Reibung zwischen Luft und Wasser an der Oberfläche, die Adhäsion an der Berührungsfläche zwischen Wasser und dem Strombette, Stöfse der Wasserteilchen gegen die Hervorragungen des Flufsbettes, endlich die Cohäsion und Reibung der Wasserteilchen aneinander. Die Luft wird die Bewegung der an der Oberfläche befindlichen Wasserteilchen hemmen. Ist die Luft selbst in progressiver Bewegung begriffen und zwar nach einer Richtung, welche der des strömenden Wassers entgegengesetzt ist, so wird die besagte Hemmung gröfser ausfallen. Dagegen kann die Luft auch die Bewegung des Wassers begünstigen, wenn beide, Luft und Wasser, sich in derselben Richtung bewegen. Ferner ist ersichtlich, dafs der Widerstand, welcher sich dem strömenden Wasser entgegenstellt, auch mit der Geschwindigkeit des letzteren in einer bestimmten Beziehung stehen mufs. So wird mit wachsender Geschwindigkeit der Verlust an lebendiger Kraft vermöge der Stöfse des Wassers gegen die hervorragenden Teile des Flufsbettes zunehmen, wie denn auch, wenn die Geschwindigkeit wächst, mehr Wasserteilchen von der benetzten Wandung des Flufsbettes und den minder stark bewegten Wasserschichten losgerissen werden müssen. Der von den Hervorragungen des Flufsbettes herrührende Widerstand läfst sich dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional setzen, weil mit wachsender Geschwindigkeit nicht allein die Anzahl der Stöfse, sondern auch die Stärke derselben zunimmt, also bei doppelter Geschwindigkeit ein Teilchen doppelt so viele und doppelt so starke Stöfse bekommt. Dagegen ist der auf der Reibung beruhende Widerstand proportional der relativen Geschwindigkeit, womit eine Wasserschicht an der zunächst angrenzenden vorbeigleitet, indem z. B. bei doppelter Geschwindigkeit ein Teilchen von doppelt so viel anderen losgerissen werden mufs. Aufserdem mufs der Widerstand wachsen mit der Berührungsfläche zwischen Bett und Wasser, also mit dem Umfange des Querprofils, hingegen mit dessen Inhalt abnehmen.

Im Hinblick auf gleichförmige Bewegung ist nach Eytelwein die Geschwindigkeit

$$v = 89{,}35 \sqrt{\frac{as}{lp}} \text{ Par. F.}$$

oder

$$v = 50{,}9 \sqrt{\frac{as}{lp}} \text{ Meter.}$$

In dieser Formel bezeichnet $\frac{a}{l}$ das Gefälle bezogen auf die Stromlänge l, s den Flächeninhalt, p den Umfang des Querprofils. Sie ergiebt sich aus der Proportion

$$r : r' = \frac{pv^2}{s} : \frac{p'v_1^2}{s'},$$

wo r und r' die Widerstände bei zwei verschiedenen Profilen bedeuten. Vorausgesetzt ist, dafs der Widerstand dem Quadrate der mittleren Geschwindigkeit proportional sei.

Nach dem Fallgesetze finden nun die Beschleunigungen zweier Körper auf verschiedenen Ebenen ihren Ausdruck in den Formeln $\frac{a}{l}$, $\frac{a'}{l'}$, wenn a, a' die Höhen und l, l' die Längen der schiefen Ebenen bezeichnen. Unter Voraussetzung gleichförmiger Geschwindigkeit müssen diese Beschleunigungen durch die Widerstände r und r' aufgehoben werden. Daher hat man

$$\frac{a}{l} : \frac{a'}{l'} = \frac{pv^2}{s} : \frac{p'v'^2}{s'}$$

und hieraus $v = v' \sqrt{\frac{l'p'}{a's'}} \cdot \sqrt{\frac{as}{lp}}$ oder $v = C\sqrt{\frac{as}{lp}}$.

Die Constante $C = v' \sqrt{\frac{l'p'}{a's'}}$ bestimmt sich durch direkte Versuche über die Geschwindigkeit v', das Gefälle $\frac{a'}{l'}$, Profilumfang p' und Profilinhalt s' eines Stromes.

Bei Flüssen von unregelmäfsigem Strombette mifst man die Geschwindigkeit an möglichst vielen Punkten des Stromprofils unmittelbar und leitet daraus näherungsweise die in der Zeiteinheit durchfliefsende Wassermenge ab. Die mittlere Geschwindigkeit erhält man denn, wenn man die gefundene Wassermenge durch den Inhalt des Querprofils dividiert. Die Breite des letzteren sei in eine gewisse Anzahl Teile von der Ausdehnung n, n', n'', ... geteilt. Die diesen Teilen zugehörigen mittleren Tiefen seien t, t', t'', ... und die entsprechenden Geschwindigkeiten c, c', c'', ...; dann ist der Inhalt des ganzen Profils $F = nt + n't' +$

$n''t'' + \ldots$. und die Wassermenge desselben $= ntc + n't'c' + n''t''c'' + \ldots$. Daher die mittlere Geschwindigkeit

$$v = \frac{ntc + n't'c' + n''t''c'' + \ldots}{nt + n't' + n''t'' + \ldots}.$$

Schiffbare Flüsse haben bei mäfsiger Strömung eine mittlere Geschwindigkeit von 2—4′ in 1″, bei schneller Strömung aber eine solche von 4—10′ in derselben Zeiteinheit.

Zur Bestimmung der Geschwindigkeit des strömenden Wassers gebraucht man sog. Rheometer oder Strommesser. Die Pitot'sche Röhre besteht aus zwei Schenkeln, welche rechtwinklig zu einander gestellt sind. Das in den horizontalen Schenkel einströmenden Wasser steigt im vertikalen Schenkel auf, so dafs sich aus der Höhe der gehobenen Wassersäule die Geschwindigkeit ermitteln läfst. Der Stromquadrant zeigt sie durch den Winkel an, den ein vom Strome fortgezogenes Pendel mit der Vertikalen bildet; der hydrometrische Flügel von Woltmann durch die Anzahl der Umdrehungen, welche 4 an einer Axe befestigte Flügel durch den Stofs des Wassers in einer gegebenen Zeit machen. Indessen erfährt man den numerischen Wert der Geschwindigkeit nicht sofort aus den Angaben solcher Instrumente, sondern erst auf dem Wege einer allerdings nicht complicierten Rechnung. — Bezüglich des hydrometrischen Flügels s. Safse in Zeitschrift für Bauwesen (red. von Erbkam) 1874. Jahrg. XXIV, S. 77; F. Exner ebenda 1875, Jahrg. XXV, S. 341, und J. Amsler-Laffon, der hydrometrische Flügel etc. Schaffhausen 1877.

Beachtet man zwei verschiedene Querprofile eines Stromes bei gleich starken Gefälle, so fliefsen durch diese Profile in der Zeit τ resp. die Wassermassen $Fc\tau$ und $F'c'\tau$, wenn F, F' die Inhalte beider Profile und c, c' die mittleren Geschwindigkeiten des Wassers in denselben bezeichnen. Es mufs aber, falls der Flufs oder Strom sich im Beharrungszustande befindet, durch alle Profile in gleicher Zeit gleich viel Wasser fliefsen. Daher $Fc\tau = F'c'\tau$ und $F : F' = c' : c$.

Hiernach ist die Geschwindigkeit im Falle des Beharrungszustandes um so gröfser, je kleiner der Inhalt des Profils ist. Im Übrigen ist leicht erkennbar, dafs eine Änderung des Wasserstandes eine Änderung der Geschwindigkeit mit sich führen mufs. Wenn derselbe zunimmt, wird die Geschwindigkeit gröfser. Mit einem höheren Wasserstande ist neben der gröfseren Geschwindigkeit auch ein gröfserer Querschnitt verknüpft, daher um so mehr eine Vergröfserung der durchfliefsenden Wassermenge stattfinden *mufs*.

Da die mittlere Geschwindigkeit eines Stromes in verschiedenen Querprofilen, bei gleich starkem Gefälle, im umge-

kehrten Verhaltnis mit dem Inhalte des Querprofils steht, so muſs die Geschwindigkeit zunehmen, wenn das Strombett sich verengt, dagegen bedeutend abnehmen, wenn der Strom grofse Seebecken durchfliefst. Durch eine starke Verengung des Strombettes bei starkem Gefälle entstehen die sog. Stromschnellen, die namentlich da von Bedeutung sind, wo das Wasser zwischen Felsen zusammengedrängt wird. So gehören hierher die Stromschnellen des Congo und Amazonenstromes.

Die gröfste Geschwindigkeit erreicht der Strom in Wasserfällen, weil hier das Maximum des Gefälles auftritt. Dabei kann der Fall vorkommen, daſs das Wasser bei stark zurücktretendem Felsen diesen gar nicht berührt. Es ist dann nur der Widerstand der Luft zu überwinden, welche sich mit dem Wasser mengt und dasselbe in gröfserer oder geringerer Menge staubartig zerteilt. Hierher gehören der Staubbach in Lauterbrunn, 900′ hoch, der obere Reichenbach in Hasli 2000′ hoch, der Niagarafall, 160′ hoch und 4000′ breit. Bei minder starkem Gefälle entstehen auf unebenem Terrassen- oder treppenartigem Felsbette die sog. Kataraktен. Durch teilweise Unebenheiten des Strombettes entstehen auch die sog. Strudel, Wirbel und Widerströme.

Man betrachtet es als eine Folge der verschiedenen Geschwindigkeiten an verschiedenen Stellen des Querprofils, daſs die Oberfläche des letzteren mehr oder minder convex erscheint. Sie müsse convex sein, wenn der Punkt der gröfsten Geschwindigkeit mit dem Stromstriche, also bei geraden Flufsstrecken mit der Mitte des Profils zusammenfalle, und zwar umsomehr, je gröfser die Geschwindigkeit in der Mitte im Vergleich zu derjenigen am Rande sei. Dabei stützt man sich auf einen von Bernoulli hervorgehobenen Satz, wonach der Druck, welchen das strömende Wasser ausübt, in verschiedenen Punkten eines Querprofils je nach den verschiedenen Geschwindigkeiten ein ungleicher ist; daher müssen die schneller flieſsenden Teile, von welchen eben ein geringerer Druck ausgeht, sich zur Herstellung eines gewissen Gleichgewichtes über die langsamer flieſsenden erheben, indem das hydrostatische Gleichgewicht verlangt, daſs alle vertikalen Wasserfäden eines Querprofils

gleichen Druck empfangen und fortpflanzen. Die Erhebung des Wassers wird also am Orte der gröfsten Geschwindigkeit am stärksten sein. Nach Anderen soll indefs die Convexität blofs die Folge einer lokalen Eigenschaft des Flufsbettes sein und namentlich da eintreten, wo das letztere sich plötzlich eng und trichterförmig nach unten zusammenzieht.

Fig. 6.

13. *Wassermenge der Ströme.*

Die Gröfse der Flüsse und Ströme hängt natürlich von der Länge, Breite und Tiefe derselben ab. Im allgemeinen ist die Wassermenge eines Flusses um so gröfser, je länger sein Lauf und je gröfser die Anzahl der Nebenflüsse ist, die demselben ihr Wasser zuführen und mit ihm zusammen ein Stromgebiet bilden. Die Wassermenge aber, welche in der Zeiteinheit durch das Querprofil eines Flusses strömt, ist nicht immer dieselbe, da teils durch Regengüsse, teils durch das Schmelzen des Schnees, teils auch durch den Eingang ein Anschwellen der Flüsse bewirkt wird. Die Anschwellungen des Nils und die damit verbundenen Überschwemmungen des Landes sind periodisch, weil sie von periodischen Regengüssen herrühren.

Bei einigen Flüssen des mittleren Europa hat man eine Verminderung der mittleren Wassermasse beobachtet, deren Ursache teils in lokalen Änderungen des Flufsbettes, teils wohl auch in einer Verminderung der atmosphärischen Niederschläge zu suchen ist.

Die Wassermenge, welche alle Flüsse zusammen dem Meere zuführen, könnte nur dann ermittelt werden, wenn eine genaue Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit und des Durchschnittes aller Flüsse vorausgegangen wäre. Im allgemeinen pflegt man die Wassermenge der einzelnen Flüsse der Gröfse ihrer Stromgebiete proportional zu setzen. Muncke veranschlagte mit Rücksicht auf die Stromanschwellungen durch Regen die jährlich dem Meere zufliefsende Wassermenge auf 75 Cubikmeilen.

14. *Beschaffenheit des Flufswassers.*

Diese hängt, wie auch die Farbe desselben, teils von den Stoffen ab, welche ihm durch das Quellwasser zugeführt werden, teils von denen, die es aus seinem Bette aufnimmt. Indessen ist es im allgemeinen chemisch reiner und weicher als das Quellwasser, da es verhältnismäfsig nur wenig an Salzen enthält. Doch giebt es auch hie und da Flüsse, welche Kochsalz oder Kalkerde in grofser Menge mit sich führen. Sehr grofs ist aber oft die Masse fester, mechanisch beigemengter Teilchen.

Aus chemischen Analysen hat sich ergeben, dafs das Flufswasser im Sommer weniger reich an mineralischen Bestandteilen ist als im Frühjahre. — Wegen des geringeren specifischen Gewichtes des süfsen Wassers schwimmt das Flufswasser beim Einmünden ins Meer zunächst auf der Oberfläche des letzteren.

15. *Oceanische und kontinentale Ströme.*

Obgleich die meisten Ströme ins Meer fliefsen, so giebt es doch auch solche, welche teils in Seeen münden, teils in ihrem Bette versiegen. Deshalb unterscheidet man nach Berghaus oceanische und kontinentale Ströme. Letztere zeigen sich am grofsartigsten in der nordöstlichen Hälfte der alten Welt.

Das Schwinden der Flüsse rührt von Löchern im Flufsbette her, welche das Wasser nach und nach verschlucken. Dies zeigt sich namentlich im Jurakalkstein. Auf solche Weise verschwinden manche Flüsse ganz, während andere sich eine Strecke unter die Erde verlieren und hierauf wieder zum Vorschein kommen.

16. *Seeen.*

Im allgemeinen versteht man unter Seeen mehr oder weniger grofse mit Wasser angefüllte Vertiefungen der Erdoberfläche.

Es giebt Seeen, welche Zu- und Abflufs haben. Wenn ein Flufs in seinem Laufe in eine kesselförmige Vertiefung gerät, so kann er diese von der einen Seite her ausfüllen und auf der anderen wieder daraus abfliefsen. So geschieht es bei allen Seeen in den Thälern der grofsen Gebirgsketten und

den benachbarten Ebenen. Genfersee, Bodensee, Thuner, Waldstätter, Züricher See, u. s. w.

Es kann aber auch sein, daſs ein Fluſs in einer derartigen Vertiefung sich so ausbreitet, daſs der Zufluſs und der Verlust durch Verdunstung sich das Gleichgewicht halten. In diesem Falle hat der See einen Zu-, aber keinen Abfluſs. Dahin gehören namentlich der kaspische See, der Aralsee und das tote Meer.

Wenn aber eine wasserreiche Quelle oder deren mehrere in einer kesselförmigen Vertiefung hervortreten, so wird das Wasser die letztere soweit ausfüllen, bis es einen Abfluſs findet. Auf diese Weise entstehen Seeen mit einem Ab-, aber ohne sichtbaren Zufluſs. Dergleichen Seeen kommen meist in den Hochthälern groſser Gebirgsketten, jedoch hier und da auch auf dem flachen Lande vor.

Endlich giebt es auch noch Seeen ohne sichtbaren Zu- und ohne sichtbaren Abfluſs, die meist nur klein sind. Ihr Ursprung ist darin zu suchen, daſs Regen- und Schneewasser in den Kratern erloschener Vulkane oder in alten Erdfällen oder aber in einfachen Vertiefungen des Bodens mit thoniger Grundlage zusammenläuft. Natürlich ist ihr Wasserstand von dem Wechsel der atmosphärischen Niederschläge sehr abhängig.

Einige Seeen entleeren sich in trockenen Zeiten und füllen sich dann wieder in nassen Monaten und Jahren. Als Ursache kommt hier neben der Verdunstung des Wassers die Struktur des Seebeckens in Betracht, das meist aus stark zerklüftetem Kalkstein besteht.

Die geographische Verbreitung der Seeen ist von der Art, daſs dieselben in der nördlichen Erdhälfte in gröſserer Zahl vorkommen als in der südlichen, in der kalten und gemäſsigten Zone aber wieder häufiger als in der heiſsen.

Die Gröſse der Seeen ist sehr verschieden. Einer der gröſsten ist der kaspische mit 7000 Quadratmeilen. Groſse und tiefe Seeen kommen vor im nördlichen Amerika, Ruſsland, Schottland, Skandinavien und der Schweiz. Die Tiefe der Seeen ist nicht minder sehr verschieden. Auch ist der mittlere Wasserstand der Seeen, gleich dem der Flüsse, veränderlich.

Bei den meisten gröfseren Seeen hat man wahrgenommen, dafs der Wasserspiegel hie und da öfter ohne auffällige Strömung sich hebt und dann wieder sinkt. Diese Niveauveränderungen wurden zuerst genauer auf dem Genfer- und Bodensee beobachtet, und dort Seiches genannt. Dieselben sind da, wo der See abfliefst, am stärksten, und um so häufiger, je veränderlicher der Zustand der Atmosphäre ist. Die Ursache dieser Erscheinung sah de Saussure in dem wechselnden ungleichen Druck der atmosphärischen Luft. Nach neueren Untersuchungen von Forel*) ist die Erscheinung in stehenden Wasserwellen begründet, welche infolge plötzlicher Gleichgewichtsstörungen der Atmosphäre und damit verknüpfter Windstöfse sich bilden.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dafs in früheren Epochen der Erdbildung die Anzahl der Seeen gröfser gewesen ist. Überdies hat man bemerkt, dafs viele unserer europäischen Seeen eine mehr oder weniger grofse Abnahme der Wassermenge erleiden. So werden die Betten der Alpenseeen fortwährend durch die Geschiebe der eintretenden Flüsse, diejenigen der Flachlandseeen durch das Einströmen lockerer Sand- und Erdmassen erhöht. Aber auch an den Seeen anderer Weltteile hat man die Beobachtung gemacht, dafs das Gleichgewicht zwischen der Quantität des einströmenden und derjenigen des verdampfenden Wassers gestört ist.

Im Hinblick auf die Entstehung der Seeen unterscheidet R. Credner**) Seeen, die man als unter Wasser gesetzten Teile von Alpenthälern ansehen kann, sodann solche, die aus Niveauverschiebungen der Gebirgsmassen, aus Faltungen der Schichten, oder infolge des Sinkens einzelner Thalpartien hervorgingen.

17. *Beschaffenheit des Seewassers.*

Das Wasser vieler Landseeen zeichnet sich durch einen hohen Grad von Durchsichtigkeit aus, womit seine Färbung im

*) Les seiches. Luzern 1876; Nature, vol. 17, p. 281. Vglch. auch Zöppritz, die Fortschritte der Geophysik: Wagners geographisches Jahrbuch, Bd. 9. Gotha 1883.

**) Die geographische Verteilung der Alpenseeen: Verhandlungen des Geographen-Tages. Berlin 1882. Vglch. ferner Davis, On the classification of the bassins: Proceedings of the Boston society of natural history, vol. 21, p. 315.

Zusammenhange steht. Wenn nämlich die Tiefe eines Seees so grofs ist, dafs die Lichtstrahlen seinen Grund entweder gar nicht oder doch nur in sehr geringer Menge treffen, so werden die von ihm reflektierten Lichtstrahlen absorbiert, ehe sie wieder zur Oberfläche gelangen. Können aber die Lichtstrahlen den Grund des Seees in gröfserer Menge treffen, so werden sie von ihm zum Teil in das Auge reflektiert, was zur Folge hat, dafs uns das Wasser in der Farbe des Grundes erscheint, jedoch modifiziert durch die dem Wasser eingentümliche Farbe. (s. Nr. 21.) Doch kommt es dabei auch auf die Richtung an, in welcher man die Oberfläche des Seees betrachtet. Es folgt von selbst, dafs die Farbe bei mehr oder weniger bedecktem Himmel eine andere sein mufs. Aber auch die Winde haben einen Einfluſs auf die Färbung des Seewassers. So erscheint sie bei Stürmen grau, bei heftigem Winde, der die Oberfläche nur kräuselt, grau- oder silberweifs. Modifikationen anderer Art werden herbeigeführt durch Substanzen, welche die Zuflüsse herbeibringen, u. dgl.

In Bezug auf die chemische Beschaffenheit des Wassers teilt man die Seeen in Süfswasser- und Salzseeen. Das Wasser der ersteren, die in gröfserer Zahl vorkommen, ist gewöhnlich sehr rein. Zu ihnen gehören fast alle, die einen Ausfluſs haben. Salzseeen, von denen manche mit Kochsalz gesättigt sind, finden sich vorzugsweise in Innerasien. Andere enthalten aber auch bittere und alkalische Salze. Das tote Meer enthält nach Gmelin in 1000 Teilen 117,7 Teile Chlormagnesium, 70,8 Teile Chlornatrium, 16,7 Teile Chlorkalium, 32,1 Teile Chlorcalcium etc., überhaupt 245,3 feste Bestandteile. Spezifisches Gewicht = 1,21223. Manche Seeen, namentlich in Ägypten, aber auch in Ungarn, enthalten kohlensaures Natron, das vielleicht durch die gegenseitige Zersetzung des Chlornatriums und der kohlensauren Kalkerde entsteht.

18. *Sümpfe, Moräste.*

Wenn Wasser unter gewissen örtlichen Umständen sich in einer Vertiefung dergestalt ansammelt, dafs es nicht, wie in Seeen, ablaufen kann, so entstehen Sümpfe und Moräste,

Brüche oder Moore. Durch Vermischung mit erdigen und vegetabilischen Bestandteilen hat das Wasser seine flüssige Beschaffenheit mehr oder weniger eingebüfst. Am meisten ist dies bei Morästen der Fall, während sich bei Sümpfen noch ein reiner Wasserspiegel zeigt. Sie entstehen durch den Zufluſs teils von Quellen, teils von Regenwasser oder auch durch das Übertreten von Flüssen und Strömen auf niedrigem Boden, der gewöhnlich auf einer Unterlage von Thon ruht. Das sich ansammelnde Wasser bleibt dann stehen, wenn es an hinreichender Verdunstung fehlt. Auf ähnliche Weise bilden sie sich auch in höheren Gebirgsgegenden, besonders da, wo die Unterlage aus krystallinischen Felsarten besteht.

Die Moräste sind stets mit einer groſsen Menge von Pflanzen angefüllt, deren Wurzeln sich auf die mannigfachste Weise in einander verflechten. Hierher gehören auch die sogenannten schwimmenden Inseln, die zuweilen selbst in wirklichen Seeen vorkommen. Sie sind meist nichts anderes als Bruchstücke der eben erwähnten Vegetation, welche falls sie spezifisch leichter als Wasser sind, von diesem gehoben und vom Boden losgerissen werden. Durch Verwesung dieser Vegetation entstehen auch die Torfmoore, deren Bildung wir später etwas genauer betrachten werden. Durch Aushauchen von Miasmen wirken aber die Sümpfe schädlich auf die tierischen Organismen. So namentlich in Europa die pontinischen Sümpfe bei Rom und die Maremmen an den Küsten von Toskana; dann alle Sümpfe in den heiſsen Ländern der Tropenzone.

19. *Meer.*

Wir haben schon früher das Weltmeer oder den Ocean als die relativ gröſste zusammenhängende Wassermasse bezeichnet, welche die ausgedehntesten Vertiefungen der Erdoberfläche füllt, und allenthalben das feste Land umgiebt. Die Grenzen des Weltmeeres aber, welche meist unregelmäſsig gekrümmt sind, nennt man Ufer oder Küsten. Sie bestehen entweder aus steilen Felswänden, mitunter von sehr bedeutender Höhe, oder aus einzeln hervorspringenden Felsen, oder endlich aus mehr oder minder geneigten Ebenen. Die ersten heiſsen Steil-, die dritten Flachküsten. Diese ziehen sich in geraden, nur wenig

gekrümmten Linien fort, bei jenen finden sich aber weit ins Land dringende Baien und Buchten. Deshalb sind auch die Steilküsten der Schiffahrt günstiger als die Flachküsten.

Die Klippenküsten sind häufig, namentlich in den polwärts gelegenen Teilen der Erde, den Steilküsten vorgelagert; sie ragen entweder aus dem Meeresspiegel hervor oder bleiben unter demselben zurück. Im letzteren Falle nennt man sie blinde Klippen, welche den Seefahrern nicht selten gefährlich wurden.

In Betreff der verschiedenen Meeresräume, welche sich der Wahrnehmung darbieten, spricht man gewöhnlich von fünf Weltmeeren oder Oceanen. Dieselben heifsen der atlantische Ocean, der grofse Ocean (Südsee, Pacifik), der indische Ocean, das südliche und nördliche Eismeer. — Krümmel*) unterscheidet selbständige und unselbständige Meeresräume. Jene sind charakterisiert durch ein besonderes System der Meeresciркulation. Die unselbständigen Meeresräume werden wieder in Mittelmeere und Randmeere eingeteilt, je nachdem sie zwischen gröfseren Land- und Kontinentalmassen befindlich oder grofsen Landkomplexen angelagert sind.

20. *Gestaltung des Meeresgrundes.*

Der Meeresboden bietet im allgemeinen dieselben Hauptbodenformen dar wie das feste Land. Während manche oceanische Becken fast völlig flach sind, zeigen andere schroffe Abstürze. Ein Nivellement des submarinen Bodens zwischen Irland und Neufundland ergab, dafs der Boden des atlantischen Oceans in einer Ausdehnung von mehr als 350 M. vollkommen flach ist. Diese submarine Ebene beginnt erst in einer gewissen Entfernung von der europäischen Küste. Grofsbritannien und Irland ruhen auf einem submarinen Plateau, so dafs der Boden erst in einer bestimmten Entfernung westlich von Irland zu der Tiefe des eigentlichen Oceans hinabfällt. Ein sehr ausgedehntes submarines Plateau fand man in dem südwestlichen inselreichen Teile des grofsen Oceans. Schroffe Abstürze wechseln hier, wie

*) Versuche einer vergleichenden Morphologie der Meeresräume. Leipzig 1879. Vgl. ferner Wisotzki, Die Klassification der Meeresräume. Stettin 1883, und Siegm. Günther, Lehrbuch der Geophysik und physikalischen Geographie, II. Bd. S. 308 ff. Stuttgart 1885.

es heifst, mit ausgedehnten Tiefseeketten, deren höchste Spitzen man als vulkanische Kegel in langen Bogenreihen über der Oberfläche verfolgen kann. So lassen sich die Hawaiischen Inseln als die höchsten Gipfel einer ungeheueren Bergkette ansehen, die an Länge und vielleicht sogar an Massenhaftigkeit das Himalayagebirge übertrifft.

Aus dem vorstehenden folgt sofort, dafs die Tiefe des Meeres an verschiedenen Orten sehr verschieden sein mufs. Indessen haben die neueren Tiefseelotungen, wie v. Boguslawski im Hinblick auf dieselben hervorhebt*), die frühere Annahme, dafs die gröfseren Meerestiefen sich meist fern von den Küsten mitten im offenen Ocean befänden, nicht bestätigt. Im nördlichen stillen Ocean z. B. ergaben sich die gröfsten Tiefen nahe dem asiatischen Kontinent, also an der Westseite. Auch im atlantischen Ocean fanden sich die gröfsten Tiefen desselben in der Nähe vom Festland oder von Inseln, und zwar an der Westseite. Dagegen lassen die Untersuchungen in Betreff des südlichen stillen Oceans die Annahme zu, dafs hier die tiefsten Stellen nach der Mitte zu liegen. Im indischen Ocean fand man dieselben an der Ostseite, nahe dem australischen Kontinent.

Unmittelbar an den Küsten der Festländer und Inseln läfst sich nun der Meeresboden allerdings, wie v. Boguslawski ferner hervorhebt, als eine Fortsetzung des angrenzenden festen Landes ansehen. Dabei wird auf die verschiedene Entfernung des eigentlichen oceanischen Beckens von dem Festlande hingewiesen, namentlich in Betreff der Steilküsten und Flachküsten. Jene fallen mehr oder weniger jäh in das Meer ab, daher sich schon in geringen Abständen von denselben bedeutende Meerestiefen befinden, die dem eigentlichen oceanischen Becken angehören. Dagegen erstrecken sich die Flachküsten in sanften Neigungen relativ weit in das Meer hinein, so dafs sich der Meeresboden erst allmählich zu dem weiten oceanischen Becken vertieft. Indem Festländer und Inseln durch flache, seichte Meeresteile und submarine Bodenerhebungen miteinander zusammenhängen, bilden sie unter sich gemeinsame Gebiete der

*) S. Das Ausland (redig. v. Fr. v. Hellwald). Stuttg. 1880. Nr. 3 S. 47.

Erhebung, welche die grofsen Oceanbecken als Vertiefungsgebiete voneinander trennen.

Die mittlere Tiefe der Meere schätzt man etwa 8 mal gröfser als die mittlere Höhe aller Kontinente. Das Volumen der über dem Meeresspiegel liegenden Kontinente verhält sich zu dem Volumen des Weltmeeres wie 1 zu 21,4.

Die einfachsten Mittel, die Tiefen des Meeres und der Seeen zu messen, sind das Senkblei, das aber nur bei geringen Tiefen angewendet werden kann, und einige sogenannte B'a t h o m e t e r (Tiefenmesser). Die letzteren bestehen gewöhnlich aus zwei vermittelst eines Seils verbundenen Körpern, von denen der eine spezifisch leichter, der andere spezifisch schwerer als das Wasser ist. Wenn man sie ins Wasser bringt, macht sich der spezifisch leichtere vom anderen los, sobald er den Meeresboden erreicht hat. Aus der Zeit nun, welche vom Augenblick des Untersinkens bis zum Emportauchen verfliefst, läfst sich die Tiefe berechnen. Andere Bathometer bestimmen den Druck, den ein eingeschlossenes Luftvolum vom Wasser erfährt, woraus denn wieder die Tiefe ermittelt wird. (Piezometer.) In neuerer Zeit erwies sich als zweckmäfsig das B r o o k'sche Tieflot.

21. *Farbe des Meeres.*

Dieselbe wird häufig als eine blaugrüne bezeichnet, in der jedoch bald das Blau, bald das Grün vorherrscht, letzteres an den Küsten, ersteres entschieden auf dem offenen Ocean, wo auch der Salzgehalt gröfser ist. Es verhält sich mit der Farbe des Meeres auf ähnliche Weise wie mit der Farbe der Seeen. Das Wasser ist in geringeren Mengen farblos, bei gröfserer Menge aber entschieden blau, indem es das einfallende weifse Licht hinsichtlich seiner verschiedenartigen Strahlen in einem bestimmten Verhältnisse absorbirt, durchläfst und reflektiert, so dafs dabei vorherrschend die sog. blauen Strahlen zu Tage treten. Die Absorption trifft vorzugsweise die weniger brechbaren Strahlen oder die Strahlen von gröfserer Wellenlänge. Doch wird auf solche Weise erst bei Massen von gröfserer Dicke die blaue Farbe auffällig hervortreten, also namentlich bei dem Wasser der tieferen Seeen und des Meeres, dessen Farbe man auch wohl sonst von dem reflektierten Blau des Himmels ableitet, das dabei einen gewissen Einfluſs ausüben mag, aber doch nicht

als eigentliche Ursache der blauen Farbe des Meerwassers angesehen werden kann.*) Je nach den Umständen kann es auch hier an verschiedenen Modifikationen nicht fehlen. Daraus gehört z. B. eine geringere Tiefe, welche erkennt, daß eine größere Menge Sonnenlichts zum Boden dringt und von diesem reflektiert wird. So können denn auch Untiefen und selbst Strömungen aus dem Farbenwechsel des Meerwassers erkannt werden. Beigemengte Stoffe, organische und anorganische, müssen gleichfalls eine Abänderung der natürlichen Farbe hervorbringen.

Das Meerwasser als solches besitzt, wenigstens in geringer Menge, eine erhebliche Durchsichtigkeit und daher auch in größeren Massen einen gewissen Grad von Klarheit. Indessen ergab sich aus Versuchen mit dem von Wild herrührenden Diaphanometer, daß eine 300 m dicke Wasserschicht kein Licht mehr hindurch läßt.

Zu den prachtvollsten Erscheinungen des Meeres rechnet man das Leuchten desselben, das sich nach Humboldt am überraschendsten zeigt, wenn ein Schiff das Meer durchschneidet und die Wogen vom Kiele aufwärts sich mit einem Lichtglanze bis zur Oberfläche erheben oder wenn die Wogen brechen und schäumen. Man sieht es in allen Breiten, am schönsten jedoch in der Äquatorialzone. Es unterliegt keinem Zweifel mehr, daß diese Erscheinung größtenteils durch leuchtende Tierchen hervorgebracht wird, die teils den Mollusken und Crustaceen, teils den Infusorien angehören. Die letzteren sind gallertartige durchsichtige Körper von kugelförmiger Gestalt und etwas bräunlicher Farbe. Ihr Leuchten scheint durch Wärme und Reibung begünstigt zu werden. Auch deuten Beobachtungen darauf hin, daß die leuchtenden Tierchen durch besondere Witterungsverhältnisse an die Oberfläche gelockt werden, wonach also der Zustand der Atmosphäre einen Einfluß auf dieses Phänomen zu haben scheint.

---

*) Vgleh. Boas, Beiträge zur Erkenntnis der Farbe des Wassers, Kiel 1881; Spring, La couleur des eaux: Bullet. de l'acad. royale de sc. de Belgique. 1883.

22. *Chemische Beschaffenheit des Meerwassers.*

Das Meerwasser zeichnet sich durch einen eigentümlichen salzigen und bitteren Geschmack aus, der von verschiedenen darin aufgelösten Salzen herrührt. Der vorherschende Bestandteil ist Kochsalz, daneben enthält es noch in geringerer Menge Chlormagnesium, Chlorkalium, Bromnatrium, schwefelsaure Kalk- und Talkerde, schwefelsaures Natron, kohlensaure Kalk- und Talkerde, kohlensaures Kali und Spuren von Brom und Jod, auch etwas freie Kohlensäure. Der Salzgehalt des Meerwassers ist nicht allein in verschiedenen Meeren, sondern auch in verschiedenen Längen- und Breitengraden ungleich. Sehr salzreiches Wasser enthält der atlantische Ocean, der in seinem westlichen Teile wieder salziger als in seinem östlichen ist. Der ungleiche Salzgehalt an verschiedenen Stellen rührt wohl, abgesehen von den ins Meer sich ergiefsenden Flüssen, vornehmlich von einer ungleichen Verdunstung des Meerwassers, sowie von der ungleichen Menge atmosphärischer Niederschläge her. Das spezifische Gewicht des Meerwassers ist aber so verschieden als sein Salzgehalt, aber immer gröfser als das des Süfswassers.

23. *Die Bewegungen des Meeres.*

Das Meer, sich selbst überlassen, müfste in Ruhe verharren, wenn nicht äufsere Ursachen fortwährende Störungen des Gleichgewichts bewirkten. Die auffallendsten hieraus hervorgehenden Bewegungen des Meeres sind bekannt unter den Namen des Wellenschlages, der Ebbe und Flut und der Strömungen. Letztere zerfallen in beständige, periodische und unregelmäfsige. Doch können hierdurch keine anhaltenden Überflutungen der Kontinente herbeigeführt werden, da das Gleichgewicht des Meeres ein stabiles ist. Die Bedingung zu demselben liegt in der Thatsache, dafs die mittlere Dichtigkeit der Erde gröfser als diejenige des Wassers ist.

a. *Wellenbewegung.*

Die Ursache desselben liegt in dem Druck resp. Stofse des Windes auf die Oberfläche des Wassers. Bewegt sich der Wind mit der letzteren parallel, so veranlafst er die Wellen durch

Reibung, trifft er dagegen die Oberfläche in schiefer Richtung, so wirkt er auf ähnliche Weise wie ein in das Wasser geworfener Körper. Um die getroffene Stelle bilden sich dann ringsum abwechselnde Erhabenheiten und Vertiefungen, welche nach allen Richtungen gleichförmig fortschreiten, Den einzelnen Wasserteilchen kommt dabei keine eigentlich fortschreitende Bewegung zu. Man gewahrt dies schon, wenn die Welle einem im Wasser schwimmenden Körper begegnet. Dieser hebt und senkt sich um die Höhe und Tiefe der Welle, ohne dafs ihm selbst eine fortschreitende Bewegung mitgeteilt wird.

Jede vollständige Welle besteht aus zwei Hauptteilen, von denen der eine über die gewöhnliche Oberfläche des Wassers erhoben, der andere unter dieselbe vertieft ist. Der erste heifst Wellenberg, der zweite Wellenthal.

Es ist die Schwere der einzelnen Wasserteilchen, welche das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen strebt. Während sich nun eine Welle regelmäfsig ausbreitet, beschreiben die einzelnen Wasserteilchen krumme in sich zurückkehrende Bahnen, welche in einer vertikalen Ebene liegen. Diese Bahnen sind anscheinend Ellipsen, die sich der Kreisform nähern. Beschreibt nun ein Teilchen den über der Horizontalfläche liegenden Bogen, so bildet es einen Teil des Wellenberges; durchläuft es den unterhalb des Wasserspiegels liegenden Bogen, so gehört es zum Wellenthal. Indem die einzelnen Wasserteilchen, welche in der Richtung der Wellenfortpflanzung liegen, successiv in diese schwingende Bewegung geraten, schreitet die Welle selbst fort, und zwar in der Art, dafs sie um eine ganze Wellenlänge fortkommt, während ein Teilchen eine vollständige Schwingung vollendet. Die Entfernung von einem Teilchen bis zum nächsten, das sich mit ihm in gleichem Schwingungszustande befindet, ist gleich einer Wellenlänge. Also die Entfernung von dem Gipfel eines Wellenberges bis zum Gipfel des nächsten oder die Entfernung von der Mitte eines Wellenthales bis zur Mitte des nächsten. Jedes schwingende Teilchen wiederholt seine Umdrehung mehrmals, aber in immer kleineren Bahnen und in immer kürzerer Zeit. Wie viele Umläufe es macht, so viele Wellen gehen an dem Orte, wo es sich bewegt, vorüber.

Die Geschwindigkeit, womit die Welle selbst sich fortpflanzt, hängt von ihrer Breite und Höhe ab, welche beide wieder durch die wellenerregende Kraft bestimmt werden. Je stärker der Stofs des Windes, desto gröfser die Welle. Mit Verminderung der Tiefe der Flüssigkeit nimmt die Geschwindigkeit unter sonst gleichen Umständen ab. Bei mäfsigem Winde beträgt die Geschwindigkeit der Wellenbewegung 10, bei lebhaftem 30 Seemeilen in einer Stunde. Die mittlere Höhe der gewöhnlichen Meereswellen läfst sich zu 6—8′ schätzen, ihre absolute zu 12—20′. Die letztere ist gleich der Summe aus der Höhe des Wellenberges und der Tiefe des entsprechenden Wellenthales. Die Tiefe, bis zu der sich die Wellenbewegung überhaupt erstreckt, kann mehrere 100′ betragen. Nach den Versuchen der Brüder Weber ist die schwingende Bewegung der Flüssigkeitsteilchen selbst in einer Tiefe, welche der 350maligen Höhe der Welle über der Oberfläche gleich kommt, noch sehr wohl wahrnehmbar.

Die Ursachen, welche die Vergröfserung der Meereswellen bedingen, sind namentlich die fortgesetzte Wirkung des Windes auf diejenigen Wellenstücke, welche in der Richtung des Windes fortgehen, sodann die Vereinigung mehrerer nach einer gemeinschaftlichen Richtung fortschreitender, kleiner Wellenstücke zu einer gröfseren Welle, drittens der Druck, durch welchen jede vorausgehende Welle die ihr zunächst nachfolgende unterstützt und vergröfsert, oder auch neue Wellen nach sich erregt, endlich die Durchkreuzung von Wellen, die in entgegengesetzten Richtungen fortgehen.

Wenn zwei verschiedene Wellen sich kreuzen, so entsteht dann aus zwei Wellenbergen ein einziger, dessen Höhe fast der Summe beider gleich ist, und ebenso aus zwei Wellenthälern ein einziges, das beinahe die doppelte Tiefe des einzelnen hat.

Von dem Druck des Windes auf höhere Wellen (resp. von der Reibung der Luft an dem Wasser) rührt das sogenannte Kräuseln oder Schäfeln der Wellen her.

Wenn die Wellen an Felsen anschlagen, so wird ihre Geschwindigkeit plötzlich gehemmt, es entsteht eine Reflexion der Wellenbewegung und, indem die nachfolgende Welle die vorhergehende einholt, ein Überstürzen der Wellen. Jede folgende

Welle drängt und hebt die vorhergehende, worauf die gehobene Wassermasse in Gestalt von kleinen Wellen über die neu ankommende zurückrollt. Auf diese Weise bilden sich an vom Wasser bedeckten Felsriffen die sogenannten Brecher und an steilen, felsigen Küsten die Brandungen. Übrigens kann es schon die Reibung am Meeresgrunde mit sich bringen, dafs eine Welle an ihrem unteren und vorderen Teile mehr gehemmt wird als oben und hinten. Demzufolge mufs die Welle, indem sie an ihrer Vorderseite steiler wird, nach vorn überstürzen*).

Bei sehr heftigem Winde kann durch den Druck der Luft gegen das Wasser die Erhebung der Wellenberge gehindert werden. Läfst dann aber der Sturm plötzlich nach, so schlägt das Meer nun gröfsere Wellen als vorher, — eine Erscheinung, die unter dem Namen der hohlen See bekannt ist. Überhaupt aber dauert die Wellenbewegung noch eine Zeit lang fort, nachdem der Wind sich bereits gelegt hat.

b. *Ebbe und Flut.*

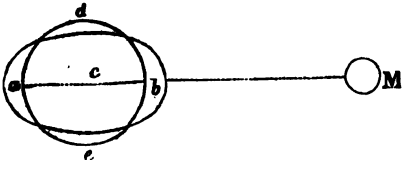
Hierunter versteht man allgemein ein periodisches Sinken und Steigen unter und über die Normaloberfläche des Meeres, in der Art, dafs in der offenen See das Wasser von Osten her anschwillt und nach Westen hin wieder abfliefst. An den Küsten fliefst das Wasser während der Flut denselben allmählich zu, bei der Ebbe dagegen von ihnen hinweg. Den Wechsel von Ebbe und Flut nennt man auch die Gezeiten. Diese Erscheinungen zeigen drei regelmäfsige Veränderungen, welche durch die tägliche und jährliche Bewegung der Erde und durch die Bewegung des Mondes um die Erde bedingt sind. In 24 Stunden und 50 Minuten oder vielmehr zwischen zwei nächsten Culminationen des Mondes wechseln Ebbe und Flut zweimal, sodafs von einer Ebbe und Flut bis zur nächsten 12 Stunden 22 Min. und 30 Sekunden vergehen. Jeden Tag treten Ebbe und Flut 49½ Min. später ein, und kehren erst nach 29 Tagen 12 Stunden 44 Minuten wieder auf die Zeit ihres ersten Anfanges zurück. — Die absolute Höhe und Tiefe der

*) Hinsichtlich der Brandungswellen vgl. Supan, *Grundzüge der physischen Erdkunde*, Leipzig 1884, S. 152.

Flut und Ebbe ist am gröfsten 1½ Tage nach dem Neu- und Vollmonde, am kleinsten etwa eben so lange nach dem ersten und letzten Viertel (Spring- und Nippflut). Je näher der Mond der Erde, desto höher die Flut, desto tiefer aber auch die Ebbe. Um die Zeit der Nachtgleichen ist die Springflut in den Syzygien (Neu- und Vollmond) viel stärker als sonst. Das Umgekehrte findet zur Zeit der Sonnenwenden statt. Auch ist sie in den Wintermonaten des Morgens stärker als des Abends, während es sich im Sommer umgekehrt verhält. Die gröfsten Fluten kommen vor, wenn zur Zeit der Nachtgleiche ein Neu- oder Vollmond mit der Erdnähe des Mondes und der Sonne zusammentrifft.

Aus dem Vorstehenden folgt, dafs diese Erscheinung in unverkennbarem Zusammenhange mit den Mondphasen und zum Teile auch mit der Stellung der Erde zur Sonne steht. Wir können hieraus schliefsen, dafs sie ihren Grund in der Anziehung der genannten Himmelskörper hat, wobei jedoch der Mond wegen seiner Nähe eine vorwiegende Wirkung ausüben mufs.

Fig. 7.



Es sei *M* der Mond und *abde* die Erde, welche wir uns der Einfachheit wegen ganz mit Wasser bedeckt denken wollen. Die Anziehung, welche *M* auf die Erde ausübt, wird in dem Punkte *b* stärker sein als in *c*, und hier wieder bedeutender als in dem gegenüberliegenden Punkte *a*. Das Wasser mufs nun in Folge dieser Anziehung und vermöge der Beweglichkeit seiner Teilchen von allen Seiten her einen Antrieb zur Bewegung nach dem Punkte *b* hin erlangen und hier eine Flutwelle erzeugen. Aber auch auf der entgegengesetzten Seite *a* wird, eben weil hier die Anziehung geringer als in *c* ist, eine Entfernung des Wassers von diesem Punkte, also eine Erhebung desselben in *a* stattfinden. Dort entsteht eine Zenith-, hier eine Nadirflut. Gleichzeitig mufs in den Punkten *e* und *d* ein Sinken des Wassers, d. h. Ebbe eintreten. Wegen der Rotation der Erde von West nach Ost werden aber die letzterwähnten Punkte nach einer gewissen Zeit nahe in dieselbe

Stellung zum Monde kommen, die vorher *a* und *b* einnahmen. Alsdann muſs sich in diesen Ebbe, in jenen Flut zeigen. Auf ähnliche Weise wirkt die Sonne, nur, wegen ihrer weit gröſseren Entfernung, schwächer und weniger ungleich auf diametral gegenüberliegende Punkte der Erde. Je nach ihrer Stellung zur Erde werden die beiden Himmelskörper zusammen oder wider einander wirken. Das Erste geschieht zur Zeit des Neumonds, wo Sonne und Mond auf derselben Seite der Erde sich befinden und durch vereinigte Anziehung (in derselben Richtung) die Zenithflut verstärken; dann aber auch zur Zeit des Vollmondes, wo Sonne und Mond sich diametral gegenüberstehen. In diesem Falle verstärkt die Sonne die Nadirflut. Zur Zeit der Quadraturen jedoch, wo Sonne und Mond rechtwinklig zur Erde stehen, erzeugt die Anziehung des Mondes da eine Flut, wo die Sonne eine Ebbe bewirkt. Beide Wirkungen schwächen sich also und es entsteht eine sogenannte Nippflut.

Hervorzuheben ist noch, daſs die Flut erst einige Zeit nach dem Meridianstande des Mondes völlig auftritt. Auch ist das Maximum der Flut in Betreff der täglichen und halbtägigen Periode abhängig von der geographischen Breite und Länge. Man sieht leicht ein, daſs es in der Wirklichkeit an mancherlei Modifikationen nicht fehlen kann. Hierher gehört namentlich der Einfluſs des festen Landes. Nicht allein die Richtung, sondern auch die Geschwindigkeit des Zu- und Abströmens erleidet durch die Lagen und Krümmungen der Küsten und durch andere Umstände eine merkliche Abänderung. Hierdurch kann es geschehen, daſs an einem Tage statt zwei Fluten nur eine stattfindet, was man für manche Orte auf die Interferenz zweier Flutwellensysteme zurückzuführen gesucht hat. Auch Winde müssen je nach ihrer Richtung und Geschwindigkeit Modifikationen herbeiführen.

Die Flutwellen dringen sowohl in Buchten als in Flüsse ein. In der Elbe erstreckt sich die Flut von der Mündung an etwa 20 Meilen aufwärts, in der Weser 9 Meilen und in der Themse bis 12 Meilen. Im Amazonenfluſs soll dieselbe sogar 150 geogr. Meilen aufwärts steigen.

Kurven, welche alle Orte verbinden, die gleichzeitig Flut haben, nennt man Isorachien (Linien gleicher Flutstunden).

Dieselben nähern sich im offenen südlichen Ocean den Meridianen.

Die oben charakterisierte Theorie der Ebbe und Flut pflegt man wohl als statische Theorie zu bezeichnen. Dieselbe wurde den Hauptpunkten nach zuerst von Newton dargelegt und später durch eine dynamische Theorie teilweise berichtigt und ergänzt. Solches geschah zuvörderst von Laplace und weiterhin von Airy und Thomson. — Vglch. Airy, Tides and waves, London 1846; W. Thomson, On an alleged error in Laplace's theory of the tides: Phil. Mag., Vol. L. p. 227; Challis, On the mathematical principles of Laplace's theory of the tides: Phil. Mag., Vol. L. p. 544; Auerbach, Die theoretische Hydrodynamik nach dem Gange ihrer Entwickelung in der neuesten Zeit in Kürze dargestellt, Braunschweig 1881. Eine übersichtliche Darstellung aller hierher gehörigen Untersuchungen giebt Sieg. Günther, Lehrbuch der Geophysik und physikalischen Geographie, Bd. II. S. 386 ff. Stuttgart 1885.

c. Strömungen.

Diese bestehen in einem Fliefsen, also in einer progressiven Bewegung des Meerwassers nach bestimmten Richtungen.

Wir gedenken hier zuvörderst der grofsen, von O. nach W. gerichteten Äquatorialströmung zwischen den Wendekreisen auf beiden Seiten des Äquators. Zwischen beiden Äquatorialströmen, dem nördlichen und südlichen, befindet sich eine relativ schwache Gegenströmung von W. nach O. Durch den Widerstand der Küsten wird die Richtung der Äquatorialströmung vielfach abgeändert. Im atlantischen Ocean bewegt sich der nördliche Äquatorialstrom mit einer mittleren Geschwindigkeit von 8—9 Seemeilen pr. Tag längs der Küste bis zu den Antillen, wo ein Teil derselben aufserhalb der Antillen nordwärts weiter zieht, während der andere Teil den mexicanischen Meerbusen durchfliefst, aus dem er zwischen Cuba und Florida heraustritt und längs der Küste Floridas als Floridastrom in nördlicher und nordöstlicher Richtung fortgeht. Dieser Strom bildet dann im Verein mit jenem nordöstlich abgelenkten Zweigstrome den Golfstrom, der an der Ostseite Nordamerikas in nordöstlicher Richtung fliefst. Bei der Bank von Neufundland geht er zum Teil östlich nach den Azoren hinüber und wendet sich gegen Süden der Küste Afrikas und weiterhin wieder der nördlichen Äquatorialströmung zu. Seine Breite, welche anfänglich etwa

32 Seemeilen beträgt, nimmt fortwährend zu, je mehr er nach Norden fortschreitet. Dagegen nimmt seine Tiefe und Geschwinkeit mit wachsender Breite ab. Seine mittlere Geschwindigkeit schätzt man auf 48 Seemeilen. Man erkennt das Wasser des Golfstromes an seinem stärkeren Salzgehalt, an seiner blauen Farbe, den tropischen Meerespflanzen, die es mit sich führt, und an seiner höheren Temperatur. Bei Florida beträgt seine Oberflächentemperatur 27° C. Weiterhin, in seinem Laufe nach höheren Breiten, nimmt die Wärme dieses Stromes ab, jedoch im Ganzen langsam (s. Nr. 32).

Eine beträchtliche Masse des Golfstromes fliefst unter Einwirkung südwestlicher Winde nach den Küsten Irlands, nach den Faröer-Inseln und der norwegischen Küste, und verzweigt sich auch in das nördliche Polarmeer, in welches der atlantische Ocean zwischen Grönland und Norwegen einmündet. Anderseits fliefst aber das kalte Wasser des Polarmeeres z. T. nach Süden, indem es als sog. arktische Strömung von Spitzbergen her die Ostküste Grönlands berührt und am Ausgange der Davisstrafse sich mit einem aus dem amerikanischen Eismeer herkommenden Strome vereinigt. An der Ostseite der grofsen Bank von Neufundland trifft sie unter dem 44. Breitengrade mit dem Golfstrome zusammen.

Durch den nördlichen Äquatorialstrom ist ferner die warme, dem Golfstrom entsprechende japanische Strömung im stillen Ocean bedingt. Dagegen rührt die brasilianische Strömung im südlichen atlantischen Ocean von dem südlichen Äquatorialstrome her. Übrigens fliefst auch auf der südlichen Hemisphäre kälteres Wasser von höheren Breiten nach niederen. Es gehört hierher der kalte Strom an den Küsten von Peru und Chile*).

In Anbetracht des Entstehens der Meeresströmungen läfst sich an verschiedene Ursachen denken, die bei manchen Strömungen teilweise zusammen wirken können. Angenommen, es werde in den Äquatorialgegenden eine so grofse Menge von

*) Vgl. Krümmel, Die äquatorialen Meeresströmungen des atlantischen Oceans und das allgemeine System der Meereszirkulation, Leipzig 1877; Koldewey, Die äquatorialen Strömungen des atlantischen Meeres: Annalen der Hydrographie u. mar. Meteorologie, 3. Jahrg.

Meerwasser in Dampf umgewandelt, daſs Wasser von höheren Breiten herabströmen muſs, um jenen Verlust zu ersetzen. Nun kommen die von höheren Breiten nach dem Äquator hin fortschreitenden Wasserteilchen immer fort zu Parallelkreisen, deren Punkte eine gröſsere Rotationsgeschwindigkeit von W. nach O. haben, als die Wasserteilchen selbst, daher diese immer mehr in der Richtung von W. nach O. zurückbleiben, und deshalb in der entgegengesetzten Richtung sich zu bewegen scheinen. Eine ganz analoge Ablenkung werden Wasserteilchen erfahren, die aus der Tiefe vertikal aufsteigen, indem sie auf ihrem Wege nach der Oberfläche allmählich in Schichten von gröſserer Rotationsgeschwindigkeit eintreten. So geschieht es nun, daſs die Strömung auf der nördlichen Hemisphäre zunächst eine nordöstliche, auf der südlichen hingegen eine südöstliche Richtung gewinnt, die beide nach dem Äquator hin mehr in die östliche Richtung übergehen. Da nun die unteren Passatwinde auf beiden Seiten des Äquators sich in gleicher Richtung bewegen, so werden dieselben die Bewegung des Wassers von O. nach W. jedenfalls begünstigen. Dazu kommt vielleicht noch ein fördernder Einfluſs durch Ebbe und Flut, indem vermöge der Anziehung von Seiten des Mondes und der Sonne das Wasser des offenen Meeres eine Tendenz zur Bewegung in der Richtung von O. nach W. erhält. Solchergestalt entsteht in den Äquatorialgegenden des Meeres die groſse östliche oder in Bezug auf die Weltgegend, wohin das Wasser sich bewegt, die groſse westliche Strömung, die, wie bereits angedeutet, verschiedene andere Ströme bedingt. Auſserdem ist im Hinblick auf die primäre Verursachung der Meeresströmungen noch zu beachten, daſs in dem polwärts gelegenen Meeresteilen das an der Oberfläche erkaltete und in die Tiefe gesunkene Wasser seitlich nach wärmeren Meeresteilen abflieſsen muſs. Dieses kältere und dichtere Wasser der Polarmeere wird auf seinem Wege nach dem Äquator hin allmählich die von der Axendrehung der Erde bedingte Änderung der Bewegungsrichtung erfahren und allmählich auch, indem es zwischen den nach dem Äquator hin sich erweiternden Meridianen flieſst, sich heben und ausbreiten.

Indessen ist der Einfluſs der unteren Passate in Betreff des Ursprungs der Äquatorialströmung gewiſs gröſser, als man

früher insgemein annahm. Wahrscheinlich ist diese Strömung vorzugsweise, ja vielleicht lediglich von den Passaten bedingt. Durch die Reibung des Windes an der Oberfläche des Wassers wird diesem eine Bewegung in der Richtung des Windes erteilt. Die zunächst an der Oberfläche in Bewegung gebrachte Schicht setzt vermöge der inneren Reibung eine zweite, diese eine dritte Schicht u. s. f. in Bewegung. Bedenkt man nun, daß nur die Bewegungsursache, nämlich der Passat, unausgesetzt wirkt, so wird man es begreiflich finden, daß die Bewegung sich von der Oberfläche aus bis zu einer sehr beträchtlichen Tiefe erstrecken kann*). Allerdings wird die fortschreitende Bewegung der Schichten zum Teil in Wärme umgewandelt, indem die in dieser Bewegung befindlichen Molecule zum Teil mancherlei Lagenänderungen infolge verschiedener Wechselwirkungen erleiden. Insofern nun eine solche Umsetzung sich andauernd vollzieht, muß allmählich jede fortschreitende Bewegung einer Flüssigkeit verschwinden, indem sie allmählich in eine Wärmebewegung verwandelt wird, die eben dadurch charakterisiert ist, daß die Molecule nach allen möglichen Richtungen in Bewegung begriffen sind, während bei jenem Strömungszustande alle Molecule sich in gleicher Richtung bewegen. Dagegen wird eine solche Umwandlung in dem eben bezeichneten Maße nur stattfinden, wenn die Ursache, welche die fortschreitende Bewegung bedingt, beständig fortwirkt.

Als Wirkungen der Winde hat man [illegible] Driftströmungen betrachtet. Im indischen Meere, wo sich die Monsune wehen, folgen die Strömungen [illegible] der Richtung dieser periodischen Winde. — Auf eine Wirkung verschiedener Winde lassen sich allerdings auch die nur unbeträchtlichen Schwankungen des Wasserstandes [illegible] an einigen Küstenpunkten der Ostsee wahrgenommen hat, zurückführen. Im Sund bringen die Winde S., SW. und W. mehr Wasser, hingegen S., SO., O. und NO. weniger Wasser [illegible]

*) s. Zöppritz, Hydrodynamische Probleme zu Bestimmung der Tiefe der Meeresströmungen: Annalen der Physik und Chemie [illegible] S. 582. Vgl. auch P. Hoffmann, Zur Messung der Bewegungen an der Oberfläche der Oceane. Berlin 1884.

Meerwasser in Dampf umgewandelt, dafs Wasser von höhere Breiten herabströmen mufs, um jenen Verlust zu ersetzen. Nu kommen die von höheren Breiten nach dem Äquator hin fort schreitenden Wasserteilchen immer fort zu Parallelkreisen, dere Punkte eine gröfsere Rotationsgeschwindigkeit von W. nach O haben, als die Wasserteilchen selbst, daher diese immer meh in der Richtung von W. nach O. zurückbleiben, und deshalb i der entgegengesetzten Richtung sich zu bewegen scheinen. Ein ganz analoge Ablenkung werden Wasserteilchen erfahren, d aus der Tiefe vertikal aufsteigen, indem sie auf ihrem Wege na der Oberfläche allmählich in Schichten von gröfserer Rotation geschwindigkeit eintreten. So geschieht es nun, dafs die Str mung auf der nördlichen Hemisphäre zunächst eine nordöstlich auf der südlichen hingegen eine südöstliche Richtung gewin die beide nach dem Äquator hin mehr in die östliche Richtu übergehen. Da nun die unteren Passatwinde auf beiden Sei des Äquators sich in gleicher Richtung bewegen, so werden di selben die Bewegung des Wassers von O. nach W. jedenfa begünstigen. Dazu kommt vielleicht noch ein fördernder Einfl durch Ebbe und Flut, indem vermöge der Anziehung von Sei des Mondes und der Sonne das Wasser des offenen Meeres e Tendenz zur Bewegung in der Richtung von O. nach W. erh Solchergestalt entsteht in den Äquatorialgegenden des Mee die grofse östliche oder in Bezug auf die Weltgegend, wohin Wasser sich bewegt, die grofse westliche Strömung, die, bereits angedeutet, verschiedene andere Ströme bedingt. Aufs dem ist im Hinblick auf die primäre Verursachung der Meer strömungen noch zu beachten, dafs in dem polwärts gelege Meeresteilen das an der Oberfläche erkaltete und in die T gesunkene Wasser seitlich nach wärmeren Meeresteilen abflie mufs. Dieses kältere und dichtere Wasser der Polarmeere w auf seinem Wege nach dem Äquator hin allmählich die von Axendrehung der Erde bedingte Änderung der Bewegungsri tung erfahren und allmählich auch, indem es zwischen den n dem Äquator hin sich erweiternden Meridianen fliefst, sich he und ausbreiten.

Indessen ist der Einfluſs der unteren Passate in Bet des Ursprungs der Äquatorialströmung gewifs gröfser, als

[redacted]

soll den höchsten, O. den niedrigsten Mittelstand geben. NW. führt nämlich, nach Schouw, die relativ gröfste Wassermenge von der Nordsee in den Sund, wogegen O. die relativ gröfste Wassermenge aus der Ostsee treiben soll.

Als eine Ursache mancher Strömungen haben wir ferner das ungleiche Niveau benachbarter Meere anzusehen.

Reflektiert man in Anbetracht der Entstehung der grofsen Meeresströmungen lediglich auf Temperaturdifferenzen und damit verknüpfte Druckdifferenzen des Wassers, so bieten sich rücksichtlich des Verhaltens der äquatorialen Meeresteile folgende Ansichten dar. Es läfst sich nämlich erstens an eine durch starke Verdunstung des Wassers herbeigeführte Niveau-Erniedrigung des tropischen Meeres denken. In höheren Breiten ist bekanntlich die Verdunstung des Wassers viel geringer als in der Tropenzone. Die hier in Dampf verwandelte Wassermenge kehrt zum Teil auch erst in höheren Breiten in die tropfbare Form zurück. Von diesen Breiten strömt denn Wasser nach dem Äquator *hin*. Andererseits denkt man zuerst an eine Niveau-Erhöhung des Wassers unter den Tropen und demgemäfs an einen Abfluſs desselben nach den Polen hin. Dabei geht man von der Annahme aus, dafs das Wasser in den äquatorealen Meeresteilen, obschon es infolge gesteigerter Verdunstung salziger und daher schwerer wird, doch im ganzen vermöge der hohen Temperatur sich ausdehne und leichter werde. Dieses leichtere Wasser fliefse vom Äquator nach den Polen, während kälteres und schwereres Wasser aus den Polarmeeren in der Tiefe nach dem Äquator hin ströme.

Viertes Kapitel.

Von der Atmosphäre.

24. *Höhe und Gestalt der Atmosphäre.*

Die Atmosphäre besteht aus verschiedenen gasartigen Stoffen, deren Teilchen im ganzen gleichförmig zwischen einander verbreitet sind. Vermöge der Spannkraft aber, die in Rücksicht der Teilchen eines jeglichen Gases statt hat, würden sich jene Gase im Raume zerstreuen, wenn sie nicht durch den Einfluſs der Schwere einen Zug nach der Erde hin erhielten. Vermöge dieses Einflusses werden die Luftteilchen genötigt, um die

Erde eine elastische Atmosphäre zu bilden, deren Schichten nach unten hin an Dichte zunehmen müssen. Laplace hat die äufserste, überhaupt mögliche Höhe dieser Atmosphäre unter dem Äquator zu etwa 4865 Meilen berechnet, indem er durch Anwendung des dritten Keppler'schen Gesetzes die Entfernung der Grenze bestimmte, wo die mit der Höhe wachsende Centrifugalkraft mit der Schwere ins Gleichgewicht tritt, und über welche hinaus die Luftteilchen vermöge jener Kraft im Raume zerstreut werden müfsten. Indessen lassen sich aus dieser Rechnung keine Schlüsse auf die wirkliche Höhe der Atmosphäre ziehen.

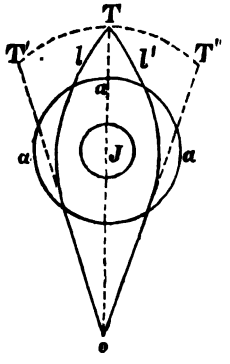
Nimmt man an, dafs die Luft allenthalben im Weltraume verbreitet sei und dafs jeder Weltkörper sich vermöge seiner Schwerkraft eine Atmosphäre von aufsen her angeeignet habe, so würde deren Dichte und Ausdehnung um so bedeutender sein, je gröfser die Masse des betreffenden Körpers ist. Die Existenz solcher Atmosphären müfste aber wohl bei den astronomischen Beobachtungen schon längst zutage getreten sein*). Hätte z. B. der Jupiter eine so grofse und so dichte Atmosphäre, wie sie ihm nach der gemachten Annahme zukäme, so müfsten beständig die gröfsten scheinbaren Unregelmäfsigkeiten in dem Laufe seiner Trabanten beobachtet werden. Denn die Lichtstrahlen, welche von den letzteren in die Atmosphäre des Centralkörpers gelangen, würden in derselben vermöge der starken Brechung eine bedeutende Ablenkung erfahren. Derartiges hat man nun nicht beobachtet, und wir können hieraus mit einiger Sicherheit schliefsen, dafs alle Weltkörper, also auch die Erde, durchaus begrenzte Atmosphären besitzen, welche nicht als verdichtete Zonen einer den Weltraum erfüllenden Luft betrachtet werden können. Wahrscheinlicher ist es, dafs die Bestandteile unserer Atmosphäre bereits anfänglich mit den übrigen Bestandteilen des Erdkörpers vermischt waren und nach der Ausbildung desselben eben als eine gasförmige Hülle zurückblieben.

---

*) s. Wollaston: Phil. Fransactions, T. I, p. 89. — Cornelius, Meteorologie. S. 29 f.

Unter Voraussetzung einer den Weltraum erfüllenden, sog. kosmischen Atmosphäre läfst sich im Hinblick auf das Gesetz, dafs die Gravitation im direkten Verhältnis der Massen und im umgekehrten des Quadrates der Entfernung je zweier Körper oder Körperteilchen steht, für zwei Weltkörper von ungleicher Masse der Punkt berechnen, wo ein Molecul jener Atmosphäre von beiden Körpern gleich stark angezogen werden müfste, wie auch der Punkt, wo die Atmosphäre des einen Körpers ebenso dicht sein würde wie die des anderen kleineren an dessen Oberfläche. So würde in Betreff des Planeten Jupiter, dessen Masse bekanntlich viel gröfser als die der Erde ist, der Punkt, wo seine Atmosphäre gleiche Dichte wie die Atmosphäre der Erde (an deren Oberfläche) haben müfste, 18 Erdhalbmesser von demselben entfernt sein. Eine solche Atmosphäre des Jupiters müfste aber, wie bereits hervorgehoben ist, die gröfsten scheinbaren Perturbationen im Laufe seiner Trabanten herbeiführen. Der vierte Trabant würde sogar in einer gewissen Entfernung, wo er genau hinter dem Jupiter steht, gar nicht durch denselben verdeckt werden, sondern wegen der starken Strahlenbrechung nach allen Seiten hin sichtbar sein. Es bezeichnen (Fig. 8.) der Kreis J den Jupiter, der Kreis $\alpha\alpha\alpha$ seine Atmosphäre von den Punkten an, wo dieselbe so dicht als die Atmosphäre der Erde (an deren Oberfläche) ist, ferner T den betreffenden Trabanten und o den Ort eines Beobachters auf der Erde. Nun wird ein Lichtstrahl, der von T schief auf die Atmosphäre des Jupiter fällt, bei jedem Übergange in die nächstfolgende dichtere Schicht eine Brechung nach innen erfahren und daher eine krumme, nach aufsen konvexe Bahn beschreiben, ein Vorgang, der sich weiterhin innerhalb der Erdatmosphäre erneuern wird. Der Beobachter wird also den vom Strahle l herrührenden Lichteindruck in einer Richtung nach aufsen projicieren, die der Richtung entspricht, in welcher der Strahl schliefslich ins Auge dringt, d. h. nach der Tangente der Bahn, die der Strahl innerhalb der Atmosphäre beschreibt. So müfste denn der Beobachter einen Lichtpunkt in T' und ebenso auf der anderen Seite vermöge des Strahles l' einen Lichtpunkt in T'' wahrnehmen. Ganz analoges gilt von allen anderen Strahlen, die der Trabant durch die Atmosphäre des Jupiter nach der Erde hin sendet. Demzufolge müfste der Trabant dem Beobachter in o den Schein einer Lichthülle um die Scheibe des Hauptplaneten darbieten. Da man dergleichen niemals wahrgenommen hat,

Fig. 8.



wird wohl dem Jupiter eine Atmosphäre von der bezeicheten Beschaffenheit nicht eignen.

Wenn die Atmosphäre überall eine gleichmäfsige Dichte hätte und sich wie eine tropfbare Flüssigkeit verhielt, so liefse sich ihre Höhe leicht berechnen. Denn wir wissen, dafs unter der Annahme eines mittleren Barometerstandes zu 28 Par. Zoll das Gesamtgewicht der Atmosphäre gleich sein würde dem Gewichte eines 28 Zoll tiefen Quecksilbermeeres, welches die Erdoberfläche allenthalben bedeckte. Die Höhe h der Atmosphäre müfste sich dann zur Höhe des Barometerstandes umgekehrt verhalten wie die Dichte des Quecksilbers zu der Dichte der Luft. Da nun das Quecksilber etwa 10513,5 mal so schwer als die Luft ist, so hat man $h : 28 = 10513{,}5 : 1$. Aus dieser Proportion ergiebt sich für die Höhe der Atmosphäre etwas mehr als eine geographische Meile. Die Atmosphäre ist aber thatsächlich viel höher. Die Voraussetzung, von welcher wir ausgingen, ist freilich auch falsch; denn die Luft ist in einem hohen Grad zusammendrückbar, und ihre Dichte verhält sich wie das Gewicht, durch welches sie zusammengedrückt wird. Die oberen Luftschichten drücken auf die jedesmaligen unteren, so dafs die Dichte nach unten hin beträchtlich zunehmen mufs. Bei überall gleicher Temperatur würden, wenn die Höhen der Luftschichten in arithmetischer Progression zunehmen, die entsprechenden Dichtigkeiten dieser Luftschichten in geometrischer Progression abnehmen. Die wirkliche Höhe der Atmosphäre hat man da gesucht, wo die Expansivkraft der Luft mit der Schwere im Gleichgewicht steht, wo jedes Luftteilchen vermöge jener Kraft ebenso stark von der Erde hinweggetrieben als es durch die Schwere zur Erde herabgezogen wird. Man hat dieselbe auch durch Ermittelung der Grenze zu bestimmen gesucht, wo die Luft gerade noch dicht genug ist, um die Strahlen der Sonne zu brechen und zurückzuwerfen. So bestimmte sie Arago aus der gröfsten Höhe, wo die Luft noch imstande ist, das Licht der Dämmerung zu reflektieren Auf Grund dieser verschiedenen Ermittelungen hat man behauptet, dafs die Höhe der Atmosphäre wahrscheinlich nicht über 27 geogr. Meilen und nicht unter 6 geogr. Meilen hoch ist. Gewöhnlich nahm man ihre Höhe zu 10—12 Meilen oder zu etwa $\frac{1}{500}$ des Erdhalbmessers an.

Unter der Voraussetzung, dafs das Aufleuchten der Meteore (Sternschnuppen) erst innerhalb unserer Atmosphäre geschieht, stellt sich die Höhe der letzteren zu 30 bis 40 Meilen heraus. Indem nämlich die Meteore mit einer sehr grofsen Geschwindigkeit in die Atmosphäre eindringen und die vor ihnen liegende Luft verdichten, findet eine beträchtliche Wärmeentwickelung statt, so dafs auch die Substanz der Meteore selbst in den Zustand des Glühens geraten mufs.

Die Gestalt der Atmosphäre wird, wie die der Erde ein abgeplattetes Sphäroid sein. Doch wird für die Atmosphäre die Abplattung mehr betragen, nicht allein wegen der Centrifugalkraft, sondern zum Teil wohl auch deshalb, weil die Luft wegen der starken Erwärmung des mittleren Teiles der Erdkugel zwischen den Wendekreisen einen aufsteigenden Strom bildet, der unten von höheren Breiten her wieder ersetzt wird. Die Abplattung der Atmosphäre stellt sich natürlich verschieden heraus, je nachdem man diese oder jene Werte für die Höhe der Atmosphäre (unter dem Äquator und dem Pol) in die betreffende Rechnung einführt.

Indem die Atmosphäre überall auf die Erdoberfläche einen bestimmten Druck ausübt, wird sie auch überall in die Risse und Poren des Erdreiches, wie auch zwischen die Teilchen tropfbarer Flüssigkeiten einzudringen suchen. Die Erdkruste enthält Luft, die sich auch an den Bewegungen der äufseren Atmosphäre in einem gewissen Mafse beteiligt. Wenn z. B. der Druck der Atmosphäre an einer Stelle der Erdoberfläche erheblich abnimmt, so wird hier Luft aus der Erdkruste emporsteigen, was wieder ein seitliches Herbeiströmen der Luft innerhalb der Erdrinde nach der Stelle des verminderten Luftdrucks zur Folge haben mufs. Umgekehrt wird bei Zunahme des atmosphärischen Druckes Luft in die Erdrinde eindringen. Natürlich werden sich die Bewegungen der Luft innerhalb der Erdkruste verhältnismäfsig sehr langsam vollziehen, jedoch in Schichten von ungleicher Beschaffenheit mit verschiedener Geschwindigkeit. Lockerer Kies- und Sandboden wird sich in dieser Beziehung erheblich anders verhalten als Thon. In dem Mafse als die Poren des Bodens sich mit Wasser füllen, wird er weniger durchgängig für Luft.

25. *Bestandteile der Atmosphäre.*

Die Hauptbestandteile derselben sind Stick- und Sauerstoff, die dem Volumen nach in dem Verhältnis von 79 : 21

stehen, so dafs auf 100 Volumteile atmosphärischer Luft 79 Vol. Stickstoff und 21 Vol. Sauerstoff kommen. Dem Gewichte nach verhalten sich Stickstoff und Sauerstoff wie 77 : 23. Eudiometrische Versuche haben bezüglich des Sauerstoffgehaltes bis jetzt nur an wenigen Orten erhebliche Abweichungen von diesen Verhältnissen dargethan. Levy fand Schwankungen in der Luft über der Nordsee und auf Guadeloupe, und zwar dort eine gröfsere, hier eine geringere Sauerstoffmenge als die angeführte normale. Die Zunahme der Sauerstoffmenge in der Seeluft schreibt derselbe der Gegenwart kleiner Tierchen zu, die nach Morren die Eigenschaft besitzen sollen, unter dem Einflusse des Lichts die Kohlensäure zu zersetzen und das Sauerstoffgas frei zu machen. Nach neueren Untersuchungen ergaben sich ungleiche Sauerstoffmengen bei verschiedenen Luftströmungen. So fand Jolly in München bei nördlichen Winden den gröfsten, bei südlichen den kleinsten Sauerstoffgehalt, und Macagno in Palermo zur Zeit des Sirocco eine auffallend geringe Sauerstoffmenge.

Die Atmosphäre enthält stets Kohlensäure, deren Menge sich auf Grund früherer Versuche dem Volumen nach zu etwa 4 Zehntausendstel schätzen läfst. Neuere Versuche ergaben indefs eine geringere Menge. So erhielt J. Reiset als Mittel aus einer Versuchsreihe 2,978 Vol. Kohlensäure auf 10000 Vol. Luft. Nach Versuchen von Saussure ist der Kohlensäuregehalt am Tage in der Stadt gröfser als auf dem Lande, während bei Nacht das umgekehrte Verhältnis stattfinden soll. Dagegen enthält die Luft auf freiem Felde in der Nacht mehr Kohlensäure als am Tage. Zu diesem Resultate führten bereits ältere Versuche, aus denen auch hervorging, dafs die besagte Schwankung im Winter sehr erheblich abnimmt. Auch Reiset fand die Luft während der Nacht kohlensäurereicher als am Tage. Der Tag, hier von 9 Uhr Morgens bis 4 Uhr Nachmittags gerechnet, ergab 2,891 Vol., die Nacht 3,084 Vol. Armstrong fand in Westmoreland als Mittel zur Tageszeit 2,9603 Vol., zur Nachtzeit 3,2999 Vol. Kohlensäure auf 10000 Vol. Luft. — Am Kohlensäurereichsten zeigte sich die Luft bei nebeligem Wetter.

Neben der Kohlensäure enthält die Atmosphäre noch einen für das Leben der Pflanze wichtigen Bestandteil, nämlich

Ammoniak. Seine Menge ist verhältnismäfsig sehr gering; es kann aber im Regenwasser, das mit Schwefel- oder Salzsäure bis zur Trocknung verdampft wird, unzweifelhaft nachgewiesen werden.

Gedacht sei hier auch jener Modifikation des atmosphärischen Sauerstoffes, die unter dem Namen Ozon bekannt ist. Dieselbe kann auf verschiedene Weise, sowohl infolge chemischer Aktionen als auch durch elektrische Entladungen entstehen. Charakteristisch für das Ozon ist ein eigentümlicher durchdringender Geruch (daher auch der Name: von ὄζω, ich rieche), sodann seine grofse chemische Affinität zu anderen Stoffen, da es sich schon bei gewöhnlicher Temperatur mit den meisten Körpern verbindet, die einer Vereinigung mit Sauerstoff überhaupt fähig sind.

Von Nebenbestandteilen enthält die Atmosphäre noch in verhältnismäfsig sehr geringer, hie und da aber in sehr ungleicher Menge Wasserstoff, Kohlen- und Schwefelwasserstoffgas, die meist als Produkte der Verwesung oder Fäulnis organischer Substanzen auftreten. Vom Wasserdampfgehalte der Atmosphäre wird später ausführlicher die Rede sein.

Der Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure wechselt mit den Jahreszeiten, er ändert sich aber im Mittel nicht merklich von einem Jahre zum andern. Es scheint nun ziemlich gewifs zu sein, dafs die im Laufe der Zeit unveränderlichen Mengen von Kohlensäure und Sauerstoff in einer bestimmten Beziehung zu einander stehen. Die grünen Pflanzenteile nehmen, während sie thätig sind, Kohlensäure aus der Atmosphäre auf und zerlegen dieselbe unter Einwirkung des Sonnenlichts in Kohlen- und Sauerstoff. Für jedes Volum Kohlensäure, deren Kohlenstoff Bestandteil der Pflanzen wird, empfängt die Atmosphäre ein entsprechendes Volumen Sauerstoff wieder. Durch die fortwährende Bewegung der Atmosphäre werden aber Kohlensäure und Sauerstoff überall hin verbreitet. Im Hinblick auf die Konstanz im Kohlensäuregehalt der Atmosphäre schreibt Ch. Schlösing*) auch dem Meere einen regulierenden Einfluſs zu. Im Meere kommt die Kohlensäure zum gröfsten Teil mit Basen zu Bicarbonaten verbunden vor. Bringt man reines Wasser gleichzeitig mit einem Erdcarbonat und einer kohlensäurehaltigen Atmosphäre

*) s. Biedermanns Centralblatt für Agrikulturchemie etc. 10. Jahrg. 1. Heft, S. 2.

zusammen, so entsteht eine gewisse Menge Bicarbonat, welche mit der Spannung der Kohlensäure in jener Atmosphäre wächst. Setzt man aber dem Wasser ein Natron-, Kalk-, Magnesiasalz zu, so wird die Menge des gebildeten Bicarbonats eine andere als bei reinem Wasser sein, jedoch gleichfalls mit der Menge der Kohlensäure wachsen. Dieser Vorgang findet nun im Meere seit unendlichen Zeiten statt. Da ein absolutes Gleichgewicht wegen der Bewegungen des Meeres und der Luft nicht stattfinden kann, so wird das Meer, wenn der Kohlensäuregehalt der Luft geringer wird, Kohlensäure abgeben bei gleichzeitiger Bildung von neutralem Carbonat, anderenfalls hingegen Kohlensäure aufnehmen unter Bildung von Bicarbonat.

Fünftes Kapitel.

Wärmeverhältnisse der Atmosphäre und Erde.

26. *Wärmequellen.*

Die Hauptwärmequelle für die Atmosphäre und Erdoberfläche ist die Sonne, indem sie mit den Lichtstrahlen zugleich Wärmestrahlen aussendet.

Die Erwärmung, welche die Erde von der Sonne erfährt, muſs eine tägliche und jährliche Periode haben. Es ist dies eine notwendige Folge der täglichen und jährlichen Bewegung der Erde. Die Erwärmung ist unter sonst gleichen Umständen um so intensiver, je mehr der Winkel unter dem die Sonnenstrahlen auffallen, einem rechten nahe kommt. Deshalb muſs die Wirkung der Wärme mit dem Steigen der Sonne zunehmen, sie muſs gröſser sein im Sommer als im Winter, wo die Strahlen bei einem niedrigen Stande der Sonne schräger auffallen.

Man sieht aber auch, daſs die Wirkung der Sonnenwärme von der Dauer ihres Einflusses abhängen muſs. Daher kann es selbst an Orten, welche weit vom Äquator entfernt sind, im Sommer sehr heiſs werden, weil die Sonne lange über dem Horizont verweilt. An solchen Orten wird aber auch die Winterkälte um so gröſser sein, da die Nacht, in welcher die Erde ihre Wärme ausstrahlt, sehr lang ist, während in den kurzen

verhalten, oder dafs die direkte Sonnenwärme im Perihel um den 62 sten Teil gröfser als im Aphel ist. Bei der gröfsten Excentricität ist das Verhältnis wie 12 : 13.

Veränderungen, welche aus der Stellung des Erdäquators gegen die Ekliptikebene hervorgehen, sind zu gering, um einen bedeutenden Einfluſs auf die klimatischen Verhältnisse erlangen zu können.

In Anbetracht der Veränderungen, welche die Excentricität der Erdbahn und die Schiefe der Ekliptik im Laufe der Zeit erfahren, hat Meech*) einige Berechnungen über die Intensität der Sonnenwärme vor 10000 Jahren angestellt. Diese Betrachtungen stützen sich auf eine Angabe von Leverrier über die Excentricität der Erdbahn vor 10000 Jahren und auf eine Formel von Struve und Peters für die Schiefe der Ekliptik. Demzufolge war die jährliche Intensität der Sonnenwärme innerhalb der heifsen Zone vor 10000 Jahren um einen gewissen Betrag geringer als gegenwärtig, während sie in den gemäfsigten Breiten zwischen 35 und 50° ziemlich genau denselben Wert wie jetzt hatte. Jenseits des 50. Breitengrades war sie dagegen gröfser und zwar in zunehmendem Mafse nach den Polen zu. Seit Erde und Sonne in ihr jetziges Verhältnis zu einander traten, ist daher die jährliche Sonnenwärme in den gemäfsigten Zonen unverändert geblieben. Zwischen den Tropen hat sich dieselbe um ein geringes geändert; sie nimmt dort jetzt sehr langsam zu. Der gröfste Unterschied betrifft die Polargegenden, wo die säculare Änderung der jährlichen Intensität sich viermal gröfser als unter dem Äquator herausstellte. Die Kälte an den Polen nimmt gegenwärtig in Betreff ihres jährlichen Wertes von Jahrhundert zu Jahrhundert langsam zu, was so lange dauern wird, als die Schiefe der Ekliptik abnimmt. —

Unter der Temperatur des Weltraumes versteht man diejenige, welche durch die Strahlung aller Gestirne, die Sonne abgerechnet, erzeugt wird. Um ihren Einfluſs auf irgend einen Ort der Erdoberfläche zu bestimmen, muſs man von der an diesem Orte herrschenden Mitteltemperatur den Einfluſs der Sonnen- und inneren Erdwärme in Abzug bringen. Dazu kommt noch der eigentümliche Anteil der atmosphärischen Wärme. Nach Pouillets Betrachtungen, denen aber eine sichere Grundlage mangelt, beträgt die Temperatur des Weltraums: — 142°. Doch läfst sich als gewifs annehmen, dafs dieselbe unter — 100° C. liegt. Mit dieser Aufgabe haben sich noch vorzugsweise Fourier, Poisson und Arago beschäftigt, ohne indefs zu sicheren numerischen Resultaten gelangt zu sein.

*) s. Petermanns Geogr. Mitteilungen, 1859. S. 79.

Insofern dem Erdkörper eine eigene, von der Einwirkung der Sonne unabhängige Wärme zukommt, die mit wachsender Tiefe zunimmt, wird dieselbe auf die Mittelwärme an der Erdoberfläche einen gewissen, wenn auch verhältnismäfsig geringen Einfluſs ausüben.

27. *Täglicher Gang der Temperatur.*

Zur Ermittelung der Lufttemperatur an irgend einem Orte gebraucht man ein wohlkonstruiertes Thermometer, das im Schatten, geschützt vor dem Regen und dem wärmestrahlenden Einfluſs des Bodens und anderer Gegenstände, aufgestellt ist.

Beobachtet man nun ein solches Thermometer von Stunde zu Stunde, so erfährt man den täglichen Gang der Lufttemperatur am betreffenden Orte. Solche stündliche, mehrere Jahre hindurch fortgesetzte Beobachtungen besitzt man jedoch nur für wenige Orte der Erde. Meistens hat man sich begnügt, das Thermometer zu gewissen Tageszeiten regelmäfsig zu beobachten.

Das Minimum der Temperatur tritt in der Regel kurz vor Sonnenaufgang, das Maximum aber einige Zeit nach Mittag ein, später im Sommer, früher im Winter.

Da die direkte Wirkung der Sonnenwärme, wie man weifs, mit der Sonnenhöhe zu- und abnimmt, so läfst sich der tägliche Gang der Lufttemperatur leicht erklären. Denn es folgt hieraus von selbst, daſs die Temperatur mit dem Steigen der Sonne ein Maximum erreichen und hiernach bis zu einem Minimum gegen Morgen fallen muſs, indem die Erde nun weniger Wärme empfängt, als sie ausstrahlt. Mit der beständigen Wärmeausstrahlung der Erde, welche während der Nacht durch keinen direkten Ersatz kompensiert wird, steht aber die Verspätung des täglichen Maximums, d. h. der Eintritt desselben nach dem höchsten Sonnenstande, in sehr naher Beziehung.

Die Differenz zwischen dem täglichen Maximum und Minimum der Wärme ergiebt den Spielraum der täglichen periodischen Temperaturschwankungen. Derselbe ist im allgemeinen abhängig von der Tageslänge und der Kulminationshöhe der Sonne. In der gemäfsigten Zone nimmt der Spielraum von der

kälteren nach der wärmeren Jahreszeit hin zu. Doch kommt dabei viel auf die besonderen Witterungsverhältnisse an. Bei heiterem Himmel ist der Spielraum gröfser als bei bedecktem, weil im letzteren Falle, wo die Luft reichlich Wasserdünste enthält, die direkte Einwirkung der Sonnenstrahlen gehemmt, aber auch die Abkühlung durch Wärmeausstrahlung vermindert ist, daher die Extreme in der täglichen Periode minder scharf hervortreten. Einen solchen abgleichenden Einfluſs auf die Extreme üben auch die Regen, sodaſs der Spielraum der täglichen Temperaturschwankungen an Orten mit vorherrschenden Sommerregen seinen gröfsten Wert im Frühjahr und Herbst erlangt. Auch in der heifsen Zone ist die Regenzeit mit den geringsten täglichen Wärmeveränderungen verbunden.

28. *Mittlere Temperatur des Tages.*

Wenn man das arithmetische Mittel aus allen 24stündigen Beobachtungen nimmt, so erhält man die mittlere Temperatur eines Tages. Zu dieser Bestimmung gelangt man auch, wenn man das Mittel aus den Thermometerständen nimmt, die man in mehreren gleichnamigen Tagesstunden, z. B. 4 und 10 Uhr Morgens und 4 und 10 Uhr Abends beobachtet hat. Nach Brewster erhält man hierdurch die mittlere Temperatur bis auf $\frac{1}{10}$ Grad genau. Brauchbare Resultate gewähren auch die Mittel aus den Beobachtungen zu 6, 2 und 10 Uhr. Noch einfacher ergiebt sich die mittlere Tagestemperatur, wenn man das Maximum und Minimum der täglichen Temperatur vermittelst eines Thermometrographen beobachtet und aus ihnen das Mittel nimmt. Doch stellt sich hierbei eine gröfsere Abweichung vom wahren Werte heraus. Zur Berechnung des letzteren aus den eben erwähnten Extremen gebrauchten Kämtz und Hällström die Formel $t = m + c(M - m)$, in der t die gesuchte Mitteltemperatur, M das Maximum, m das Minimum und c einen Coefficienten bezeichnet, der im jährlichen Mittel gleich 0,47 ist. Schlagintweit benutzte dazu den Ausdruck $t = 0{,}4M + 0{,}5m + 0{,}11\,IX$, wo die Buchstaben dieselbe Bedeutung wie vorher haben und IX die Beobachtung um 9 Uhr Vormittags bezeichnet.

29. *Jährlicher Gang der Temperatur.*

Unter dem Äquator zeigt die Temperatur zwei Maxima und zwei Minima, weil hier der Boden von den Sonnenstrahlen zweimal im Jahre, nämlich zur Zeit der beiden Äquinoktien senkrecht, und zweimal im Jahre — zur Zeit der beiden Solstitien — am schrägsten getroffen wird. Doch ist der Spielraum der Wärmeänderungen nicht sehr erheblich, da die Strahlen fast das ganze Jahr hindurch unter einem Winkel auffallen, der von einem rechten nicht beträchtlich verschieden ist, so dafs im Laufe des Jahres eine verhältnismäfsig hohe ziemlich gleichmäfsige Temperatur herrscht. Abweichungen werden an verschiedenen Orten der heifsen Zone durch die Windverhältnisse und atmosphärischen Niederschläge hervorgebracht. Auf den Wendekreisen selbst fallen die Sonnenstrahlen nur einmal im Jahre senkrecht auf. Von hier aus findet mit zunehmender Breite nur ein Maximum nach den Sommersolstitium, und ein Minimum nach dem Wintersolstitium statt. Auch hier treten, wie beim täglichen Gange der Wärme, die Wendepunkte der Temperatur später als die entsprechenden Wendepunkte der Sonne ein, was leicht einzusehen ist. Nach einer Untersuchung von Dove ist vom Pol bis zur Breite von 40° der Juli der wärmste Monat. Seine Wärme wird hier der des August gleich, unter 30° Breite von derselben übertroffen, unter 20° Br. ihr wieder gleich. Am Äquator fallen die Maxima in den April und November, die Minima in den Juli und auf das Ende des Dezember. Doch ist in niederen Breiten, wie bereits bemerkt, der Unterschied zwischen den jährlichen Temperaturextremen verhältnismäfsig sehr gering, wogegen in hohen Breiten der Winter fast unmittelbar in den Sommer übergeht.

Der jährliche Gang der Wärme kann, wie der tägliche, leicht graphisch (durch eine Kurve) dargestellt werden. Die Abscissen sind den Zeiten, die Ordinaten den entsprechenden Temperaturen proportional aufzutragen.

Den jährlichen Gang der Temperatur in Norddeutschland hat neuerdings G. Hellmann*) einer genaueren Betrachtung unter-

*) Zeitschrift des königl. preufsischen statistischen Bureaus, 23. Jahrg. Berlin 1883.

worfen. Darnach findet die niedrigste Temperatur oder das Maximum der Kälte durchschnittlich etwa Mitte Januar statt, hingegen die höchste Temperatur durchschnittlich im Juli, und zwar im nordwestlichen Deutschland früher als im mittleren Deutschland und im äufsersten Osten (Königsberg, Tilsit), wo sie am spätesten eintritt. Das Rheingebiet schliefst sich an Süddeutschland an, wo das Maximum etwa auf den 17. Juli fällt. An allen Stationen braucht die Temperatur mehr Zeit, um den aufsteigenden Ast der den jährlichen Gang der Temperatur darstellenden Kurve zu vollenden, als vom Maximum zum Minimum herab zu sinken. Diese Erscheinung ist in dem bekannten Umstande begründet, dafs die Unterbrechungen des stetigen Auf- und Absteigens der Temperatur, wie es bei alleiniger Beeinflussung durch den Stand der Sonne stattfinden müfste, ungleich häufiger im Frühjahr als im Herbst vorkommen. Man bezeichnet diese Unterbrechungen, wenn sie im Frühjahr auftreten und die Zunahme der Wärme verzögern, als Kälterückfälle, hingegen als Wärmerückfälle, wenn sie im Herbst die Abnahme der Wärme verlangsamen. Hellmann unterscheidet drei Kategorien von Kälterückfällen, nämlich die des Nachwinters, sodann die des Frühlings und des Sommers. Ihr Eintreten wechselt von Jahr zu Jahr innerhalb ziemlich weiter Grenzen, sodafs erst aus langjährigen Beobachtungsreihen sich die Zeit ermitteln läfst, in der sie am wahrscheinlichsten zu erwarten sind. Zur ersten Kategorie gehören die bekannten Rückfälle im Anfang und um die Mitte des Februar, sowie die um die Mitte des März. Die Rückfälle des Februar treten im Osten früher auf als im Westen, dauern dort auch länger an, ohne jedoch intensiver als im Westen zu sein. Ihre Intensität wird durch eine entgegengesetzte Anomalie erhöht, insofern nämlich eine ungewöhnliche Wärmezunahme vorausgeht, die indefs von W. nach O. fortschreitet. Durch die Nähe des Meeres werden die in Rede stehenden Rückfälle gemildert. Was zuvor von diesen Rückfällen gesagt wurde, gilt im wesentlichen auch für die Kälterückfälle des März. Die zweite Kategorie der Kälterückfälle betrifft die kalten Tage des Mai, die gestrengen Herren oder Eismänner Mamertus, Pancratius und Servatius, zu denen sich in Süddeutschland noch der Bonifacius gesellt. Diese Rückfälle rühren von relativ kalten und trockenen Winden her, die ihrerseits in causaler Beziehung zu der Veränderung stehen, welche sich im Frühjahr rücksichtlich der Verteilung der Temperatur und des Luftdruckes vollzieht*).

*) Vgl. v. Bezold, die Kälterückfälle im Mai, München 1883; van Bebber, Die gestrengen Herren: Zeitschrift der österr. Ges für Meteorologie. Bd. 18, S. 145; Köppen, ebenda, Bd. 19, S. 183; Billwiller, Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. zu Zürich, 1877; R. Afsmann, die Nachtfröste des Monat Mai, Halle 1885.

Während diese Rückfälle insgemein von trockenem Wetter begleitet sind, verhält es sich anders mit den Kälterückfällen des Sommers, welche den Beginn der Sommerregenzeit bezeichnen. Was endlich die Wärmerückfälle im Herbst angeht, so treten dieselben als sogenannter Nachsommer sehr entschieden in West- und Mitteldeutschland auf, und zwar meist in der letzten Woche des September. Erkennbar ist dieser Nachsommer noch in Ostpreußen. Die Wärmerückfälle des September sind mit Steigen des Barometers verbunden, wogegen die Wärmerückfälle im November meist mit einem barometrischen Minimum in Beziehung stehen.

30. *Mittlere Temperatur des Monates, Jahres und Ortes.*

Der Durchschnitt aus den mittleren Temperaturen aller Tage (30) eines Monates führt zur mittleren Temperatur des letzteren; das arithmetische Mittel aus den für die 12 Monate des Jahres gefundenen Mitteltemperaturen giebt die mittlere Temperatur des Jahres.

Die mittlere Temperatur eines und desselben Monates ist von einem Jahre zum andern oft sehr veränderlich. Die wahre Mitteltemperatur eines Monats kann deshalb nur dadurch genauer bestimmt werden, daſs man die mittlere Temperatur desselben für eine längere Reihe von Jahren ermittelt und aus allen so gefundenen Mitteltemperaturen den Durchschnitt nimmt.

Dagegen ist die mittlere Jahrestemperatur eines und desselben Ortes minder veränderlich. Man kann daher die mittlere Temperatur eines Ortes schon ziemlich genau erhalten, wenn man den Durchschnitt aus den mittleren Temperaturen einiger Jahre nimmt. Doch erfordert die genauere Bestimmung jener Temperatur die Berücksichtigung einer gröſseren Anzahl von Jahresmitteln.

Die Temperatur eines Ortes ist meist während der einen Hälfte des Jahres höher, während der anderen aber niedriger als die mittlere Jahrestemperatur. Es folgt daraus, daſs die letztere von dem mittleren Gange der Wärme zweimal im Jahre ungefähr erreicht werden muſs. Es geschieht dies im Frühling und Herbst und zwar für die nördlichgemäſsigte Zone im April und Oktober.

Der Durchschnitt aus den mittleren Temperaturen dieser Monate giebt ebenfalls die mittlere Jahrestemperatur, die sich indefs auch aus den mittleren Temperaturen des wärmsten und kältesten Monats gewinnen läfst. — Das arithmetische Mittel aus den mittleren Temperaturen der verschiedenen Monate einer Jahreszeit führt zur mittleren Temperatur der letzteren.

Zum Behufe einer genaueren Beurteilung der Temperaturverhältnisse empfiehlt es sich, aufser den Monatsmitteln noch die mittleren Temperaturen kleinerer Zeitabschnitte von je 10 oder 5 Tagen in Betracht zu ziehen. Man nennt diese zehn- und fünftägigen Zeitabschnitte Decaden und Pentaden.

Die folgende Tabelle enthält die mittleren Temperaturen verschiedener Orte der Erdoberfläche.

Orte	Breite	Mittlere Temperatur des Jahres	des Januar	des Juli
Jakutsk	62° 1′ N.	—11,2°C.	—42,8	18,8
Petersburg	59 56	3,6	— 9,4	17,7
Edinburg	55 58	8,4	3,0	14,9
Moskau	55 45	3,9	—11,1	18,9
Memel	55 43	6,6	— 3,5	17,1
Königsberg	54 43	6,6	— 3,9	17,3
Putbus	54 22	7,7	— 1,0	17,2
Danzig	54 21	7,6	— 1,5	17,9
Stettin	53 26	8,3	— 1,5	18,1
Schwerin	53 38	8,3	— 0,6	17,6
Dublin	53 21	9,5	3,6	15,9
Berlin	52 30	9,0	— 2,4	18,8
Hannover	52 22	9,1	0,5	17,9
Wernigerode	51 50	8,2	0,0	17,4
Halle	51 31	8,9	— 2,0	18,7
Leipzig	51 20	8,5	— 1,2	18,0
Cassel	51 19	8,6	0,0	17,3
Düsseldorf	51 14	11,0	1,7	19,1
Breslau	51 7	8,3	— 2,2	18,5
Köln	50 55	10,1	1,6	18,7
Frankfurt a/M.	50 7	9,8	— 0,1	19,6
Eger	50 5	7,4	— 2,3	17,4
Krakau	50 4	7,9	— 4,2	18,9
Trier	49 46	9,7	1,1	18,5
Mannheim	49 29	10,5	0,4	20,0
Paris	48 50	10,8	1,9	18,3

Orte	Breite	Mittlere Temperatur des Jahres	des Januar	des Juli
Stuttgart	48° 46′ N.	9,6° C.	0,4	18,8
Tübingen	48 31	8,2	— 1,8	17,7
Ulm	48 24	8,2	— 2,0	18,1
Wien	48 12	9,7	— 1,7	20,5
München	48 9	7,5	— 3,0	17,3
Basel	47 33	9,4	0,1	19,1
Zürich	47 23	8,6	— 1,2	18,7
Innsbruck	47 16	8,1	— 3,1	17,8
Bern	46 57	8,1	— 1,8	18,2
Chur	46 51	9,2	— 0,8	18,7
Genf	46 12	9,5	0,1	19,3

31. *Thermische Linien.*

Wenn man alle Orte derselben Erdhälfte, welche gleiche mittlere Jahreswärme haben, mit einander verbindet, so erhält man die von Humboldt eingeführten isothermischen Linien (ἴσος, gleich, θέρμος, warm). Bei der Konstruktion der Isothermen ist übrigens die Erhebung der Orte über dem Meeresniveau zu berücksichtigen, indem man die Temperatur der einzelnen Beobachtungsstationen um so viel erhöht, als die Wärmeabnahme verlangt, welche sie wegen ihrer Erhebung über das Meer erfahren. Diese Linien sind geeignet, um die Verteilung der Wärme auf der Erdoberfläche zu veranschaulichen. Sie fallen keineswegs mit den Parallelkreisen zusammen, wie es der Fall sein würde, wenn das Klima eines Ortes nur durch seine Entfernung vom Äquator bestimmt wäre. Sie sind meist sehr unregelmäfsig gekrümmt und gehen durch Orte von sehr verschiedener geographischer Breite. An der äufseren Grenze der Passatwinde werden sie flacher. Von dieser Grenze ab nimmt ihre Krümmung zu, und zwar auf beiden Seiten sowohl nach dem Äquator als nach dem Pol hin. Auf der nördlichen Hemisphäre steigen die Isothermen an den Westküsten der Kontinente höher nach Norden auf als an den Ostküsten, was die Bedeutung hat, dafs in gleicher Breite die mittlere Jahrestemperatur an den Westküsten höher als an den Ostküsten ist.

In Ansehung der Thatsache, daſs die Temperaturabnahme im groſsen Ocean in der Nähe des arktischen Meeres viel bedeutender ist als über dem atlantischen Ocean, glaubte Dove annehmen zu müssen, daſs die kälteste Region der Erde nicht aus zwei streng von einander geschiedenen Gebieten besteht, sondern vielmehr als ein zusammenhängendes Ganze, in Beziehung auf den Drehungspol der Erde dergestalt unsymmetrisch liegt, daſs sie von Europa hinüber gedrängt erscheint nach der Stelle des Eismeeres, welches die nördlichen Ufer der östlichen Seite von Asien und der westlichen von Nordamerika bespült. Innerhalb dieses zusammenhängenden kältesten Raumes, der eine längliche, mehr oder minder elliptische Gestalt darbietet, können denn immerhin noch mehrere Maxima der Kälte hervortreten. Das absolute Maximum (der Kälte) fällt im Januar auf den Kontinent von Asien, verläſst diesen im Laufe des Jahres aber bald, um nach Nordamerika hinüber zu wandern. (s. S. 80.)

Auf der südlichen Hemisphäre durchschneiden die Isothermen in der heiſsen Zone zwischen dem Äquator und etwa 40° S. Br. die Westküsten näher dem Äquator als die Ostküsten, so daſs also jene Küsten auf gleicher Breite kälter als diese sind. In gröſserer Entfernung vom Äquator laufen die Isothermen mehr mit den Breitenkreisen parallel, was für eine gleichmäſsigere Verbreitung der Wärme spricht. Es kommt dies daher, daſs in der gemäſsigten Zone der südlichen Hemisphäre die Bedingung der Isothermen-Krümmung, nämlich die Abwechselung von Land und Wasser in Bezug auf Ost und West wegfällt.

Orte, an denen die mittlere Jahreswärme dieselbe ist, also Orte, welche auf derselben Jahres-Isotherme liegen, besitzen nicht durchweg gleiche klimatische Verhältnisse. Dieselben können sich noch bedeutend hinsichtlich der Art und Weise unterscheiden, wie die Wärme auf die verschiedenen Jahreszeiten verteilt ist. Unter vielen Beispielen nur eins. Dublin und Prag haben nahe dieselbe mittlere Jahreswärme von 9°,5: die mittlere Sommerwärme ist aber in Dublin gleich 15°,3, in Prag gleich 18°,9; die mittlere Temperatur des Winters ist dort 4°,6, hier —0,4. Dublin hat also bei gleicher mittlerer Jahres-

wärme einen milderen Winter und einen kühleren Sommer als Prag.

Zum Behufe einer genaueren Vergleichung der Temperaturverhältnisse verschiedener Orte wurden von Humboldt noch die Isochimenen (ἴσος, gleich, χειμών, Winter) und Isotheren (ἴσος, gleich, θέρος, Sommer) eingeführt. Erstere verbinden alle Orte derselben Hemisphäre, welche dieselbe mittlere Winterwärme, die letzteren alle Orte, welche gleiche mittlere Sommertemperatur haben. Die Isothermen und Isochimenen sind weder untereinander, noch den Isothermen parallel; sie entfernen sich von den letzteren im Innern der Kontinente mehr oder weniger, indem sich die Isotheren dem Äquator, die Isochimenen den Polen zuwenden.

Wichtiger sind die von Dove aufgestellten Monatsisothermen, welche Orte von gleicher mittlerer Monatswärme mit einander verbinden.

Die nachstehende Tabelle enthält die Monatsmittel für drei Orte, welche einigermafsen als Repräsentanten der heifsen, gemäfsigten und kalten Zone betrachtet werden können.

	Quito	Halle	Enontekies.
Geographische Breite	— 0° 14′	51° 31′	68° 40
Januar	14°,6	— 2°,0	—17°,8
Februar	16°,1	— 0°,4	—16°,7
März	15°,6	4°,25	—11°,4
April	15°,5	8°,4	— 3°,25
Mai	15°,9	13°,2	2°,6
Juni	15°,0	16°,3	9°,45
Juli	15°,1	18°,7	14°,5
August	16°,1	17°,1	13°,7
September	16°,3	14°,8	5°,6
Oktober	15°,5	9°,1	— 2°,3
November	15°,3	3°,1	—11°,25
Dezember	15°,8	2°,4	—16°,4
Jahresmittel	15°,57	8°,72	— 2°,77
Unterschied zwischen dem wärmsten und kältesten Monat	1°,7	20°,7	32°,3

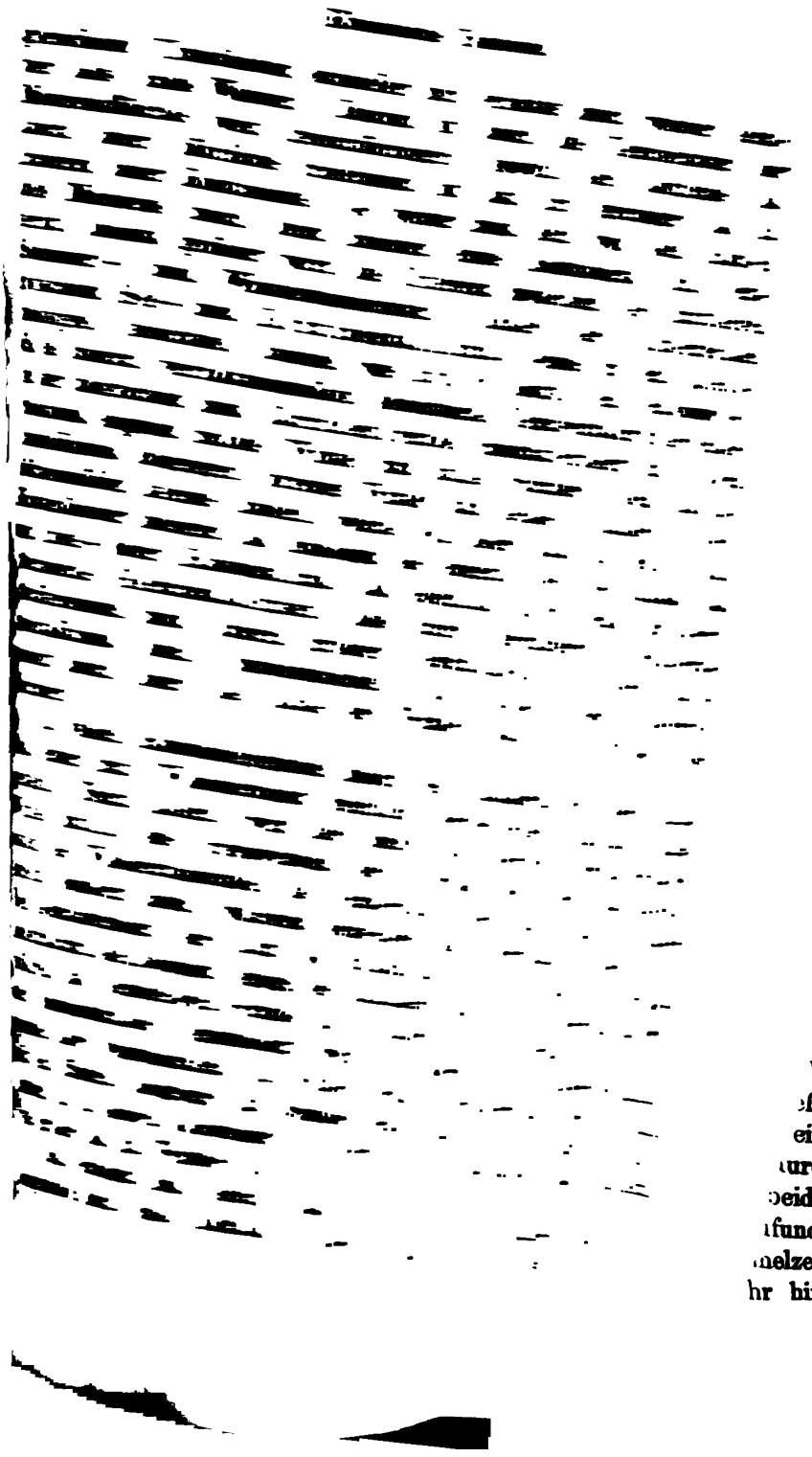
Die Monatsisothermen ändern während der jährlichen Periode der Temperaturschwankungen sowohl ihre Gestalt als ihre Lage. Wenn die Mittagshöhe der Sonne für die nördliche Erdhälfte zunimmt, bewegen sich hier die Isothermen nach dem Pole hin, während sie auf der anderen Hemisphäre sich dem Äquator nähern. Auf beiden Erdhälften bewegen sich also diese Linien stets in gleichem Sinne: vom Winter- zum Sommersolstitium von Süd nach Nord, in der anderen Hälfte des Jahres von Nord nach Süd. Dabei ändern die einzelnen Isothermen fortwährend ihre Gestalt, da die Geschwindigkeit des Fortschreitens der Wärme an verschiedenen Punkten sehr ungleich ist. Die Verteilung der Wärme auf der Erdoberfläche verschiebt sich während der jährlichen Periode nicht nur in dem bezeichneten Sinne, sondern sie wird auch zu verschiedenen Zeiten des Jahres eine ganz andere.

In allen Monaten ist die Wärmeabnahme nach den Polen hin eine sehr verschiedene. Im allgemeinen erfolgt die Wärmeabnahme unter 45° Breite am schnellsten, dauert aber bis zum Pol fort. — Die Temperatur des Äquators ist nach Dove im Mittel 26°,5 C., die des Nordpols —16°,5 C., die Gesamtabnahme der Wärme mithin 43° C. Im Juli beträgt die Wärmeabnahme 26°,63 C., im Januar 56°,38 C. Die Monatswärme des Pols erreicht im Juli fast den Thaupunkt, sinkt dagegen im Januar 32°,50 C. unter denselben herab. Übrigens fällt der wärmste Parallel nicht mit dem Äquator zusammen, sondern auf die nördliche Erdhälfte, so daſs der Parallel von 10° noch um 0,1° wärmer als der Äquator ist.

32. *Klimatische Faktoren.*

Die erwähnten Systeme von Linien bilden die Grundlage einer vergleichenden Klimatologie. Die Ursachen, welche die Unregelmäſsigkeiten der Isothermen oder die Verschiedenheit der klimatischen Verhältnisse bedingen, sind verschiedenartig. Zuvörderst kommt hier in Betracht:

Die ungleiche Verteilung von Land und Wasser auf der Erdoberfläche, wodurch eine ebenso ungleiche Wärmeverteilung bewirkt wird. Der Boden erwärmt sich unter sonst



von Devonshire gedeihen Pflanzen, welche keiner grofsen Kälte widerstehen können, wie Myrthen, Camellia japanica, etc. ohne Schutzmittel. Die Winter sind daselbst so mild, dafs man Orangenbäume am Spalier zieht. In Plymouth ist der Winter nicht kälter als in Florenz und Montpellier. Dennoch gedeiht der Wein in England nicht, da die Weintrauben einer hohen Sommertemperatur bedürfen, wenn sie reifen und einen trinkbaren Wein liefern sollen. Dagegen reifen in Astrachan, welches mit dem Nordkap gleiche Winterkälte hat, die Trauben vortrefflich, was auch von Ungarn mit seinem strengen Winter und heifsem Sommer gilt.

Die hervorgehobene Unterscheidung der Klimate läfst sich nicht allein in Anbetracht einzelner Orte und Ländermassen resp. Kontinente, sondern auch in Betreff beider Hemisphären verfolgen. So hat Leith ein See-, Halle mehr ein Kontinentalklima. Beide Orte haben ungefähr dieselbe mittlere Jahreswärme, während sonst die Wärme für Leith viel gleichförmiger auf die Jahreszeiten verteilt ist, als für Halle. Das Klima der Westküsten von Europa ist ein relativ gleichmäfsiges feuchtes, das Klima des östlichen Europa's und des östlichen Asiens hingegen ein excessives. Europa im Ganzen besitzt ein See-, Asien ein Kontinentalklima. Nordamerika hat dagegen, abgesehen von dem Küstensaume am stillen Ocean kalte Winter und kühle Sommer; es schliefst sich also im Winter an Asien, im Sommer an Europa an. Das Frühjahr ist in Amerika kälter, der Herbst aber wärmer und schöner als in Europa.

Die nördliche Hemisphäre hat im Vergleich zur südlichen ein kontinentales, die letztere hingegen ein See-Klima. Die erste besitzt das meiste Land, die zweite das meiste Meer.

Mit der ungleichen Verteilung von Land und Wasser hängt auch die Richtung der Luft- und Meeresströmungen zusammen. Zur Zeit des Winters wird die Luft im Innern der Kontinente kälter, dichter und schwerer; es entsteht ein Maximum des Luftdruckes, so dafs relativ kalte und trockene Luft längs der Erdoberfläche dem Meere zufliefst, während von hier aus in den oberen Schichten eine relativ feuchte und warme

Strömung nach dem Innern der Kontinente hin stattfindet. Dahingegen wird im Sommer die Luft im Innern der Kontinente durch starke Rückstrahlung der Wärme von Seiten des Bodens aufgelockert und gehoben; die Luft fließt oben nach dem Meere hin ab, während kühlere und feuchte Seeluft zunächst in den unteren Schichten nach dem Innern der Kontinente hin strömt. Diese verschiedenen Luftströmungen müssen ohne Zweifel das Klima der von ihnen berührten Länder beeinflussen. Die Verteilung des Luftdrucks bringt es mit sich, daß Europa häufig von warmen und feuchten Südwestwinden getroffen wird, die namentlich im Winter ein mildes Klima bedingen. Auch an der Westküste Nordamerikas walten warme, feuchte Seewinde vor. Dagegen wehen an der Ostküste Nordamerikas, in dessen Innerem während des Winters ein Maximum des Luftdruckes existiert, trockene und kalte Landwinde aus N. und NW.

Einen mildernden Einfluß auf das Klima von West-Europa übt die warme Strömung des atlantischen Meeres, der Golfstrom aus (S. 46 f.). Die temperaturerhöhende Wirkung dieses Stromes wird um so erheblicher sein, je tiefer die Temperatur der Orte sinkt, zu denen er gelangt, daher im Winter bedeutender als im Sommer. Der Golfstrom bringt es mit sich, daß an der Küste von Irland der Überschuß der Jahreswärme des Meerwassers über die der Luft der Küstenpunkte 2° F. und über die der Stationen im Innern der Insel sogar 3°,8 F. beträgt.

Dagegen üben auf das Klima einiger Gegenden der nördlichen Hemisphäre die kalten Strömungen an der Küste von Grönland und aus der Hudsonstraße einen deprimierenden Einfluß aus, namentlich im Frühling. An der grönländischen Küste wird ein kalter Strom südlich abgelenkt, der dann nach SW. zwischen Island und Grönland bis zum Kap Farewell fließt. Überall verbreitet dieser Strom mit seinen Eismassen eine bedeutende Kälte. Am Kap Farewell trifft derselbe den durch die Davisstraße herkommenden Strom. Die Eismassen beider Ströme gelangen — von März bis Juni — nach der Neufundlandbank, wo sie in dem warmen Golfstrome rasch schmelzen. Längs der Ostküste von Grönland fließt das ganze Jahr hin-

durch ein aus dem arktischen Becken stammender kalter Strom, der in seiner ganzen Ausdehnung mit Packeis bedeckt ist, dessen Ursprung man zum gröfsten Teil in das unbekannte Innere jenes Beckens verlegen zu müssen glaubt. Zwischen diesem kalten Polarstrome und der Küste von Norwegen dringt der Golfstrom nach Nord vor und teilt sich bei etwa 74° in zwei Arme, von denen der eine sich zwischen den Bänken der Bäreninsel und dem Nordkap nach O. wendet und, in seinem weiteren Verlauf durch Ausbreitung an Stärke und Tiefe abnehmend, das ganze Meer zwischen der russischen Küste, Nowaja-Semlja und Gillisland erwärmt.

Die im arktischen Gebiete angestellten Temperaturmessungen haben ergeben*), dafs das Meer zwischen dem Nordkap, der Bäreninsel und Nowaja-Semlja warmes Wasser enthält, welches mit dem Fortschreiten des Sommers auch gegen N. vorrückt und bei der Berührung mit dem Eise seine Wärme abgiebt, so dafs dadurch kolossale Massen des letzteren zum Schmelzen gelangen. Dieses warme Wasser bildet eine streng geschiedene obere Schicht und verliert schichtenweise nach unten an Wärme. Bei 800' war die Temperatur so ziemlich überall —1°,5 C. Die warme obere Schicht nimmt an Wärme und Tiefe ab, je weiter man nach NO. kommt. Die jüngst festgestellte Thatsache, dafs im Spätherbst die ganze Nordküste von Nowaja-Semlja eisfrei wird, ist z. T noch den äufsersten Ausläufern des Golfstromes zuzuschreiben; hauptsächlich aber den sibirischen Flüssen Ob und Jensej, die im Herbst grofse Mengen warmen Wassers dem östlichen Teil des karischen Meeres zuführen. Diese Flüsse haben ihre Quellen tief im Innern von Asien und durchströmen teilweise Steppenländer, welchen im Sommer ein nahezu tropisches Klima eignet. Der weite Weg, den die genannten Flüsse zurücklegen müssen, macht erklärlich, dafs in dem Meere von Nowaja-Semlja die bezeichneten Eisverhältnisse erst im Spätherbst eintreten, also zu einer Zeit, wo bereits in allen anderen Teilen des Polargebietes die neue Eisbildung im vollen Gange ist. Das karische Meer ist im August (bis Anfang September) gewöhnlich voll Eis. Im September fand aber der norwegische Kapitän Mack im karischen Meer (bis auf 81° Ostlänge und 75° 43' N.) alles eisfrei bei einer Wassertemperatur von $+6\frac{1}{4}$° C. an der Oberfläche, das Wasser

*) Weyprecht, über die Eisverhältnisse im arktischen Meer (Sitzung der k. k. österr. Akad. am 7. Dezember 1871; — Ausland red. v. Hellwald N. 2. 1872).

selbst stark mit Süfswasser gemischt und mit heftigem Strom gegen NO. setzend. Ein Blick auf die dortige Küstenbildung, bemerkt Weyprecht, zeigt, dafs wenn auch ein Teil dieses Stromes bei dem Ostkap von Nowaja-Semlja gegen NW. umbiegt, doch der gröfste Teil desselben längs der sibirischen Küste gegen Kap Tscheljuskin geführt werden mufs, und es sei zu erwarten, dafs dieser Teil auf das dortige Eis den nämlichen Einfluſs ausübe wie das warme Wasser unter der Westküste von Nowaja-Semlja.

Von Bedeutung für die klimatischen Verhältnisse sind ferner die Gebirgszüge, die je nach ihrer Richtung und Höhe gegen kalte Winde Schutz gewähren, aber auch den mildernden Einfluſs warmer Luftströme hemmen können. Bekannt in dieser Beziehung ist der Gegensatz in dem Klima und der Vegetation zwischen dem nördlichen und südlichen Fufse der Alpen. Grofsartig zeigt sich der Einfluſs der Gebirgszüge in Asien. Die centrale in der Richtung der Breitenkreise sich erstreckende Erhebung Asiens bedingt kalte Winter in Sibirien und warme Sommer in Südasien, indem sie die von Süden kommenden warmen Luftströme aufhält, so dafs Sibirien im Winter den die Temperatur erhöhenden Einfluſs dieser Ströme nicht erfährt, wogegen das Tiefland des Ganges im Sommer gegen die abkühlende Wirkung nördlicher Winde durch jene Erhebung geschützt wird. Indem aber die centrale Erhebung Asiens den freien Abfluſs der vom hohen Norden kommenden Luft hemmt, entstehen im Sommer auch in Nordasien, weil die Luft daselbst verhältnismäfsig ruhig bleibt, höhere Temperaturen, als sonst der Fall sein würde. In Amerika ist dagegen die Westküste des Kontinents von dem östlich gelegenen Gebiete durch die im Sinne der Meridiane von Süd nach Nord laufenden Ketten der Felsengebirge getrennt. Hier stellt sich dem Abflusse der Luft vom hohen kalten Norden her kein erhebliches Hindernis entgegen, so dafs der östliche Teil Nordamerikas von kalten Nordwestwinden heimgesucht wird. Indessen wehen über dieses Gebiet vom mexikanischen Meerbusen her auch warme, mit Wasserdampf beladene Winde, dessen Kondensation eine Verminderung des atmosphärischen Druckes mit sich führt, was denn wieder ein Hereinbrechen kalter Polarströme zur Folge hat. So bedingt dieser Wechsel von nörd-

lichen und südlichen Luftströmen einen schroffen Temperaturwechsel.

Wenn ein horizontal bewegter feuchter Luftstrom ein Gebirge überschreitet, so wird er beim Aufsteigen sich abkühlen und der in ihm befindliche Wasserdampf sich zu Wolken und Regen verdichten, was freilich wieder die Temperaturabnahme nach der Höhe mäfsigt. Dahingegen wird der Strom beim Niedersinken auf der anderen Seite des Gebirges sich wieder erheblich erwärmen und dadurch an Dampfcapacität gewinnen. Natürlich wird diese Modifikation von der Höhe und sonstigen Beschaffenheit des Gebirges abhängen. Wir gedenken hier des warmen und trockenen Windes in den nördlichen Thälern der Schweiz, des sog. Föns, der mit gröfserer oder geringerer Heftigkeit von der Höhe herabstürzt. Die Richtung desselben ist, je nach der Richtung der Thäler, verschieden, meist S. und SO. Dieser Wind rührt von einem feuchten Süd- resp. Südwestwinde her, der beim Übersteigen der Alpenkette die zuvor bezeichnete Modifikation erfährt. Demnach entsteht die Wärme und Trockenheit des Föns erst auf der anderen Seite der Alpenkette, indem der Luftstrom fortschreitend zu Stellen gröfseren Druckes herabsinkt, und demgemäfs an Dichte und Wärme gewinnt. Die Temperaturerhöhung einer herabsinkenden Luftmasse beträgt für je 100 Meter etwa 1° C. Von Bedeutung für das Entstehen des Föns und die Heftigkeit, womit er in den Thälern herabweht, ist die Verteilung des Luftdruckes in der Umgebung der Alpen. Namentlich kommen hier die vom atlantischen Ocean gegen West-Europa heranrückenden barometrischen Minima in Betracht. Existiert ein solches Minimum westlich oder nordwestlich von den Alpen, so wird nicht allein die Luft über dem Alpenvorlande als Südost- oder Südwind nach dem Ort des geringsten Luftdruckes abfliefsen, sondern auch die Luft aus den Alpenthälern selbst nach dem bezeichneten Orte hin in Bewegung geraten, und demgemäfs Luft aus der Höhe von der Alpenkette herabsinken. Da nun diese atlantischen Minima im Sommer seltener als im Winter sind, so gelangen zu jener Zeit heftige Fönwinde seltener zur Entfaltung. Aufserdem ist dabei noch zu berücksichtigen, dafs im Sommer die Temperaturabnahme nach oben verhältnismäfsig bedeutender

ist und daher auch die Wärmezunahme der herabsinkenden Luftmassen geringer als im Winter ausfällt. Der Fön ist am häufigsten im Herbst und Winter, am seltensten im Sommer. — Auf ganz analoge Weise entstehen auch in anderen Gebirgen warme und trockene Winde. Gedacht sei hier noch des relativ sehr warmen Südost- und Ostwindes an der Westküste von Grönland, der ohne Zweifel von dem völlig vergletscherten Innern dieses Landes herkommt. Indessen befindet sich im Innern Grönlands ein Gebirgswall von 2000 m Höhe. Daher kann ein Luftstrom, der von einer solchen Höhe nach der Westküste in die Fjorde herabweht, daselbst als ein relativ sehr warmer und trockener Wind anlangen*).

Ferner geben die Gebirge selbst zu mancherlei Luftströmungen Anlafs. Es gehören hierher die periodischen Tag- und Nachtwinde, indem bei Tag ein thalaufwärts gerichteter Wind, bei Nacht hingegen ein thalabwärts wehender sich geltend macht. Der Übergang zwischen beiden Winden ist in engen und kurzen, schluchtenartigen Thälern rascher als in weiteren Thalbecken. Die Übergangszeit ist verschieden je nach den Jahreszeiten. Auch ist die Konfiguration des oberen Teiles der Thäler von erheblichen Einfluſs auf die in Rede stehenden Winde. Die Tagwinde sind im allgemeinen während des Sommers stärker, wogegen der Winter mit seinen Schneefällen die Nachtwinde begünstigt. Obwohl diese Luftströmungen sich am stärksten in den Thälern entwickeln, so gehören sie denselben doch nicht ausschliefslich an; sie äufsern sich nach Fournet, der diese Winde in Anbetracht der Alpen zuerst genauer charakterisierte, längs allen Abhängen, falls nicht stärkere allgemeine Luftströmungen obwalten. Im Hinblick auf die Ursache der Tag- und Nachtwinde kann es zuvörderst nicht befremden, wenn die kältere obere Luft längs der Thalsohle abwärts fliefst. Auch ist es ohne weiteres ersichtlich, dafs der Nachtwind aus engen, schluchtenartigen Thälern, welche in stärker erwärmte

*) Bezüglich der Fönwinde vgl. Hann, Handbuch der Klimatologie S. 206 ff.; Wettstein, die Strömungen des Festen, Flüssigen und Gasförmigen und ihre Bedeutung für Astronomie, Meteorologie und Klimatologie, Zürich 1880 S. 535 f.; Hoffmeyer, Zeitschrift für Meteorologie Bd. XIII.

weitere Thalbecken oder Niederungen münden, besonders stark hervortreten muſs, insofern jene Thäler eine verhältnismäſsig kurze Insolationszeit haben und überdies noch durch Waldungen und Feuchtigkeit abgekühlt sind. Was weiter die Tagwinde betrifft, so sind es nach Hann zwei Kräfte, eine horizontale und eine vertikale, welche die Bewegung der Luft an den Bergabhängen bestimmen; beide zusammen bewirken, daſs die Luft bei Tag längs den Bergabhängen emporsteigt, während die Luft über dem Thale oder der Niederung überhaupt dem Gebirge zuströmt. Das Gebirge wirkt bei Tag saugend auf die umgebenden Luftmassen, auf analoge Weise, wie eine lokale stationäre Barometerdepression. — Übrigens können von Bergabhängen, wenn sie kälter als die umgebende Luft sind, und zumal, wenn sie eine Schneedecke tragen, auch bei Tag kalte Winde nach der erwärmten Niederung herabwehen.

In klimatischer Beziehung von Belang ist endlich die besondere Beschaffenheit des Bodens, seine Abdachung und die Lage derselben gegen die Himmelsgegenden (sonnseitige und schattenseitige Gehänge), ferner das Vorkommen von Wäldern, Morästen und Sümpfen. Da der Boden eines Waldes durch das Laubdach der Bäume gegen die unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt ist, so besitzt die Luft im Walde eine gröſsere Kühle und eine gröſsere relative Feuchtigkeit. Auch bieten, wie Humboldt bemerkte, die vielen appendiculären Organe (Blätter) der Bäume eine groſse durch Ausstrahlung sich abkühlende Oberfläche dar, wodurch die Kondensation des atmosphärischen Wasserdampfes befördert wird. Durch dieselben Organe findet auch eine reichliche Verdunstung wässeriger von den Wurzeln aufgenommener Feuchtigkeit statt, so daſs also die Wälder eine feuchte Atmosphäre um sich verbreiten. Im Sommer ist die Waldluft am Tage kühler als die äuſsere Luft (in der waldlosen Umgebung). Die Temperatur nimmt von oben nach unten (gegen den Boden hin) ab, während die Feuchtigkeit zunimmt. Am Tage wird also die Waldluft das Bestreben haben, nach auſsen hin abzufliefsen. Erfolgt der Abfluſs wirklich, was namentlich bei sonst windstillen Wetter geschehen wird, so muſs sich äuſsere Luft in den kühleren Wald herabsenken. In der Nacht wird umgekehrt die Waldluft als die

wärmere aufsteigen und ihre Feuchtigkeit auf die obersten durch Ausstrahlung stark abgekühlten Blätter absetzen, während die äufsere Luft unten in den Wald hineinströmt. Auf bewaldetem Boden ist ferner der Abfluſs des Regenwassers, indem sich seinem Laufe mannigfache Hindernisse entgegenstellen, verhältnismäfsig viel langsamer als auf nacktem Boden, der namentlich, wenn er steil abfällt, einen raschen Abfluſs des Wassers und dadurch verheerende Wirkungen desselben gestattet. Der Waldboden wird eine verhältnismäfsig gröfsere Regenmenge zurückhalten als der unbewaldete, z. T. schon deshalb, weil er gegen die direkte Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt ist, und dadurch der Verlust an tropfbarem Wasser durch unmittelbare Verdunstung vermindert wird. Dies Alles kann für die Entstehung und den Wasserreichtum der Quellen nicht ohne Bedeutung sein.*)

Für die Betrachtung der klimatischen Verhältnisse nützlich sind die von Dove**) eingeführten thermischen Normalen: Linien, welche Orte normaler Temperatur, nämlich solche Orte miteinander verbinden, deren Mitteltemperatur mit der mittleren Temperatur eines ganzen Breitenkreises übereinstimmt. Jeder Breitenkreis hat eine bestimmte mittlere Wärme, wie ungleich auch die Temperatur unter den verschiedenen Längen auf ihm sein mag. Ein Ort uun, dessen Temperatur der mittleren seiner geographischen Breite entspricht, besitzt eine normale Temperatur, worunter eben diejenige zu verstehen ist, welche ein Breitenkreis in allen Punkten zeigen würde, wenn die auf ihm wirklich vorhandene, aber ungleich verteilte Wärme auf demselben gleichmäfsig verteilt wäre. Alle Orte, deren Temperatur geringer ist als die mittlere des betreffenden Breitenkreises, sind relativ kalt, alle anderen hingegen, deren Temperatur höher erscheint, relativ warm. Die thermischen Normalen sind die Grenzlinien des See- und Kontinentalklimas. Aus ihnen kann man mit Rücksicht auf die Isothermen sogleich erkennen, ob eine Gegend das

*) Über die klimatischen Verhältnisse des Waldes vergl. Ebermayer: Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden, Aschaffenburg 1873, und die von Fankhauser mitgeteilten Publikationen der forstlich-meteorologischen und phänologischen Stationen des Kantons Bern. Diese Publikationen sind den von A. Forster dargebrachten Resultaten der meteorologischen Beobachtungen an den selbstregistrierenden Instrumenten der Sternwarte zu Bern für das Jahr 1874 u. 1875 beigefügt.

**) Verteilung der Wärme auf der Oberfläche der Erde. 1852.

ganze Jahr hindurch oder nur zeitweise ein See- oder Kontinental-Klima hat. So zeigen dieselben z. B., dafs Asien sowohl im Januar als im Juli ein Kontinental-Klima, Europa hingegen im Juli ein Kontinental- und im Januar ein See-Klima hat. Von ganz Europa gehören eigentlich nur Schottland und Island immerfort dem Seeklima an, wogegen der übrige Teil während des Winters zwar auch ein Seeklima hat, im Sommer aber ein kontinentales. Wie mit Schottland und Island verhält es sich in Amerika mit der Westküste von Californien nordwärts. Im Winter besitzt von Nordamerika nur der schmale Küstensaum am stillen Meer jenseits der Andes und Felsgebirge ein Seeklima.

Die nördliche Hemisphäre bietet für den Monat Januar zwei räumlich von einander getrennte Isothermen von —40° C. dar, innerhalb deren sich nach den bisherigen Beobachtungen die kältesten Gebiete der Erde befinden. Das eine dieser Gebiete ist das nordöstliche Sibirien, das andere der Archipel im Norden von Nordamerika. Der asiatische Kältepol liegt innerhalb des festen Landes, der amerikanische in einem inselreichen Meere, daher denn auch der verschiedene klimatische Charakter der sie umgebenden Gebiete. Während in der Umgebung des sibirischen Kältepols in verhältnismäfsig niedrigen Breiten zwischen 60—70° N. das kontinentale Klima sich in einem extrem kalten Winter und warmen Sommer äufsert, zeigt das mehr maritime Klima rings um den amerikanischen Kältepol und zwar in höheren Breiten zwischen 65—68 N., verhältnismäfsig milde Winter, aber auch kältere Sommer. Im asiatischen Kältegebiet liegt der kälteste Punkt (—48,6° C.) unter 67 ½ N. in Sibirien bei Werchojansk. Hier befindet sich der Kältepol vom November bis März, wandert im April und Mai nach NW. in das Eismeer zwischen die Obmündung und Nowaja-Semlja und kehrt dann weiterhin wieder nach Werchojansk zurück. *)

33. *Veränderung der Klimate.*

Aus den Thatsachen, welche wir in Betreff der klimatischen Verhältnisse seit der historischen Zeit besitzen, scheint nicht zu folgen, dafs dieselben in Beziehung auf die mittlere Jahreswärme oder hinsichtlich der Verteilung der Wärme auf die verschiedenen Jahreszeiten eine bedeutende und bleibende Veränderung erlitten haben. Auf Grund vieler von

*) Vgl. Boguslawski: Verhandlungen der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, Nr. 6 und 7, 1881.

Arago gesammelter Thatsachen ist die Mitteltemperatur von Westasien seit Moses, derjenige von Süd- und Mitteleuropa seit den Zeiten der Römer nahezu dieselbe geblieben. Ähnliches hat Schouw für Dänemark und Skandinavien gezeigt. Ferner lassen die Witterungsbeobachtungen in Berlin und New-Haven, die von 1770 an datieren, nach Dove keine erheblichen Schwankungen der Luftwärme erkennen.

Einige hierher gehörige Thatsachen hat auch Gay-Lussac zusammengestellt. So weifs man, dafs die Dattelpalme nur bei einer mittleren Jahrestemperatur von 21° reife Früchte bringt, während der Weinstock da nicht mehr gebaut werden kann, wo die mittlere Temperatur 22° übersteigt. Hiernach war die mittlere Temperatur von Palästina, welches zu Moses Zeiten Datteln und Trauben hervorbrachte, ungefähr 21°,5. Diese mittlere Temperatur herrscht nun auch jetzt noch daselbst, woraus folgt, dafs sich das Klima von Palästina seit 3300 Jahren nicht wesentlich geändert haben kann. Nach Strabos Bericht bildeten die Cevennen in *Gallia narbonensis* die nördliche Grenze des Ölbaumes, was auch heute noch so ist. Nach Theophrast konnten von der in Griechenland aus Persien eingeführten *Cordia myxa* nur in Cypern genieſsbare Früchte erhalten werden, nicht nördlicher, und dies ist auch in unseren Tagen noch der Fall. Varro setzt die Weinlese bei Rom zwischen den 21. September und den 23. Oktober, und jetzt fällt sie im Durchschnitt vieler Jahre auf den 2. Oktober. Nach einer Untersuchung von Dufour über die klimatischen Verhältnisse der Schweiz haben auch diese keine erhebliche Änderung erfahren.

Manche Veränderungen, die man allerdings im Klima verschiedener Gegenden wahrgenommen hat, lassen sich auf mehr oder weniger weit reichende lokale Einflüsse, namentlich auf das Ausrotten der Wälder, Austrocknen der Sümpfe u. dgl. m. zurückführen. Mit dem Verschwinden ausgedehnter Waldungen hängen ohne Zweifel Änderungen der Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse zusammen. Sollte auch die absolute Menge des Niederschlages unverändert bleiben, so doch sicher nicht deren Verteilung auf die verschiedenen Jahreszeiten.

Zur Annahme einer secularen periodischen Änderunng der Lufttemperatur gelangte K. Fritsch, gestützt auf vieljährige an mehreren Orten angestellte Beobachtungen. Das in Anwendung gebrachte Beobachtungsmaterial bestand in jährlichen Temperaturmitteln, abgeleitet aus Beobachtungen in Wien (von 1755—1850), in Prag (von 1774—1850), Mailand (von 1763—1850), Kremsmünster (von 1768—1850), und Berlin (von 1719—1850). Hiernach scheint an den genannten Orten und einigen anderen, die später noch in Betracht kamen, die mittlere Temperatur seit mehreren Decennien in steter, wenn auch langsamer und nicht überall gleicher Abnahme begriffen zu sein. Es erscheinen aber auch die Beobachtungen der letzten Decennien des vorigen Jahrhunderts zu bekunden, dafs der Abnahme der Temperatur in diesem Seculum eine ähnliche Zunahme in dem vorigen vorausgegangen ist, und daher auch wahrscheinlich die dermalige Abnahme in der Folge wieder in eine allmähliche Zunahme übergehen wird, worauf wenigstens die Berliner Beobachtungen, die einen Zeitraum von 120 Jahren umfassen, hinzudeuten scheinen. Fritsch wurde auch durch eine Reihe von Zusammenstellungen zu der Ansicht geführt, dafs die Temperatur mit Zunahme der Sonnenflecken von ihrem Minimum an, jährlich um einen gewissen Betrag sinke, mit dem Abnehmen der Flecken vom Maximum an, jährlich wieder ebensoviel steige, und dafs diese Ab- und Zunahme der Mitteltemperatur einen Zeitraum von 11 Jahren umfasse, so dafs die höchsten Temperaturen mit jenen Jahren zusammenfallen, in welchen die Sonnenflecken, nach R. Wolf in Bern, im Minimum sind.

Angeregt durch die Untersuchung von Fritsch berechnete G. K. Zimmermann für Hamburg die Mitteltemperaturen nach verschiedenen Methoden und teilte die ganze Reihe der Beobachtungsjahre in verschiedene Gruppen. Auch hier stellte sich ein analoges Resultat wie das von Fritsch gewonnene heraus. Dagegen fand Zimmermann in Betreff der von Fritsch hervorgehobenen Ansicht, dafs die seculäre Änderung der Temperatur mit der Periode der Zu- und Abnahme der Sonnenflecken in causalem Zusammenhange stehe, nichts Bestätigendes. Indem Zimmermann die Beobachtungsreihe von 1807 bis 1855 bezüglich der Sonnenflecken und mittleren Temperaturen in fünfjährige Abschnitte teilte, wurde zwar ein Zusammentreffen der Vermehrung und Verminderung der Sonnenflecken mit der Ab- und Zunahme der Temperatur angedeutet, aber dieses Zusammentreffen war kein konstantes.*)

*) In Anbetracht der Sonnenflecken s. Fritz, Die Beziehungen der Sonnenflecke zu den magnetischen und meteorologischen Erscheinungen der Erde. Haarlem 1878.

Übrigens gestatten die Untersuchungen über eine seculäre periodische Änderung der Lufttemperatur noch kein sicheres Urteil.

34. *Abnahme der Temperatur nach der Höhe.*

Die Atmosphäre ist bekanntlich für den gröfseren Teil der von der Sonne kommenden Strahlen durchdringlich, so dafs sie von den Strahlen, die durch ihre Masse unbehindert hindurchgehen, nicht erwärmt wird. Nur die von ihr absorbierten Strahlen bedingen eine Temperaturerhöhung. Die höheren dünneren Luftschichten werden aber durch Absorption der Sonnenstrahlen weniger erwärmt als die unteren dichteren. Dünnere Luft erfordert zu derselben Temperaturerhöhung eine gröfsere Wärmemenge als dichtere Luft von gleichen Volumen. So mufs denn schon wegen der nach der Höhe abnehmenden Dichte der Luft die Temperatur der Atmosphäre nach oben sich vermindern. Während nun die Luft einen Teil der direkten Wärmestrahlen absorbiert, gelangt der andere gröfsere Anteil zur Erdoberfläche, welche die Wärme in einem beträchtlichen Mafse absorbiert und auch wiederum ausstrahlt. Daher empfängt die untere Atmosphäre ihre Wärme vorzugsweise durch Rückstrahlung von Seiten des Bodens. Namentlich sind es die von demselben ausgesendeten dunklen Strahlen, welche einer baldigen Absorption von Seiten der Luft anheimfallen. Die unteren erwärmten Luftschichten dehnen sich nun zwar aus und steigen in die Höhe; da sie aber während der Ausdehnung sich abkühlen, so mufs die Temperatur der Atmosphäre mit wachsender Entfernung von der Erdoberfläche immerhin abnehmen. Das Gesetz aber, nach welchem die Wärme der Luft mit wachsender Höhe abnimmt, hat auf theoretischem Wege bis jetzt noch nicht genau ermittelt werden können.

Gay-Lussac erhob sich bei seiner Luftschiffahrt bis zu einer Höhe von 7000 Meter. Die gesamte Temperaturabnahme betrug 38°,40, die sich aber, nach einer Ermittelung von Biot, auf den ganzen Abstand keineswegs gleichmäfsig verteilt. Vielmehr ergab sich für die höheren Regionen eine schnellere Abnahme der Temperatur als für die unteren.

Bixio und Barral unternahmen eine Luftschiffahrt im Juli 1850. Dieselben erhoben sich zu Paris um 1 Uhr Nachmittags und erreichten bald die Wolkenregionen. Sie fanden sich allenthalben von einem dicken Nebel umgeben, der erst bei einer Erhebung von 20161 Fufs an Dichte abnahm, während sich zugleich kleine nadelförmige Eiskrystalle zu erkennen gaben. Bei einer Temperatur von 0,5° bis —9° bestand der Nebel noch aus Wasserkörperchen. Feine Eisnadeln erschienen erst bei —10°. Die höchste erreichte Höhe betrug 22345 rheinl. Fufs mit einer Temperatur von —39°,7 C.

Glaisher und Coxwell fanden auf ihrer Luftfahrt in einer Höhe von 3000 Meter (9235 Par. Fufs), die sie um 1 Uhr 21 Min. nach Mittag erreichten, die Temperatur der Luft auf 0°, in einer Höhe von 14776 F. = —8° C., in 19700 F. Höhe = —13° C., und bei 24628 F. = —19° C. Die höchste erreichte Höhe belief sich wahrscheinlich auf 32215 Par. Fufs. Ein genaues Minimumthermometer zeigte —21°,6 R. (27° C.) Diese Fahrt bekundete in den höheren Regionen eine verhältnismäfsig langsame Temperaturabnahme.

Infolge wärmerer Luftströmungen, die nicht selten eine beträchtliche Höhe erreichen und auch vermöge der Kondensation des atmosphärischen Wasserdampfes, die mit einer Wärmeentwickelung verbunden ist, kann die Temperaturabnahme nach der Höhe eine Störung erfahren. In der That beobachtete auch Gay-Lussac während seiner Luftschiffahrt wiederholt Rückgänge zu höheren Temperaturen, bis er die Höhe von 18000 Fufs erreichte.

Es ist zu erwarten, dafs beim Ersteigen eines hohen Berges die Temperatur nicht auf dieselbe Weise abnimmt, wie beim Erheben in der freien Atmosphäre, da die Gebirge je nach ihrer Masse und Configuration auf die Temperaturverhältnisse der umgebenden Luftmassen modifizierend wirken. Die Temperaturabnahme erfolgt im Innern der Gebirgsgürtel und da, wo die Tafelzone an Breite zunimmt, langsamer als am Rande. Während in den mexikanischen Gebirgen zwischen 18 und 19 Grad N. Br. schon in einer Höhe von 4200 Meter alle phanerogamische Vegetation aufhört, wohnt bei gleicher südl. Breite in gröfserer Höhe auf der Hochebene von Peru eine zahlreiche ackerbauende

Bevölkerung. Diese Hochebene hat aber auch eine bedeutende Ausdehnung. Wie auf Hochebenen so erfolgt auch in Thälern die Temperaturabnahme mit der Höhe langsamer als auf Berggipfeln. Auch ist der Temperaturunterschied zwischen einem Thal und einem aus demselben aufsteigenden Berggipfel größer als zwischen zwei benachbarten Thälern von gleichem Höhenunterschiede.

Da mit wachsender Höhe die Luft dünner wird und insbesondere auch der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre abnimmt, so muß die direkte Einwirkung der Sonnenstrahlen zumal an heiteren Tagen oben erheblicher als unten sein. Demgemäß wird auch der Boden sich oben beträchtlicher erwärmen als in der Tiefe, aber auch dort wegen der bedeutenden Wärmeausstrahlung des Nachts stärker erkalten. Indessen können die durch diese Ausstrahlung bewirkten Temperaturunterschiede auf freien Hochebenen infolge einer Luftströmung mehr oder weniger ausgeglichen werden. Außerdem kommt in Betracht, daß in denselben die mit einer Temperaturabnahme verknüpfte Wärmeausstrahlung meist länger andauert als auf Hochebenen, wo sie des Abends später eintritt und am Morgen früher aufhört.

Was die periodischen Wärmeänderungen betrifft, so ist deren Spielraum auf Hochebenen im allgemeinen nicht geringer als in der Tiefe, sondern hie und da sogar größer. Dagegen ist derselbe auf isolierten Gebirgen durchschnittlich kleiner als in der Tiefe. So fand z. B. Kämtz den täglichen Spielraum der Wärme auf dem Faulhorn viel geringer als in Genf; nämlich dort 3,8° und hier 9,5°. Auf isolierten Bergen ist auch die Mittelwärme niedriger, und zwar um so niedriger, je isolierter sie aufsteigen und je geringer ihre Masse ist.

Übrigens bietet die Wärmeverteilung nach der Höhe wie in der freien Atmosphäre, so auch in den Gebirgen Anomalien dar*). Während heiterer, windstiller Nächte nimmt die Temperatur in der freien Atmosphäre (über einer Ebene) mit der Höhe zu, und zwar besonders im Winter bei schneebedecktem

*) Vgl. in dieser Bez. Kerner: Zeitschrift für Meteorologie Bd. II.

Boden. Der Wärmezuwachs erfolgt in den unteren Schichten rascher als in den höheren, und erstreckt sich bis zu 50m Höhe und darüber. Unter denselben atmosphärischen Verhältnissen sind die Thäler kälter als die Abhänge und Kuppen der einschliefsenden Berge, wenigstens bis zu einer bestimmten Höhe. Im Hinblick auf die Ursache dieser anomalen Temperaturverteilung hat man zuvörderst an die nächtliche Wärmeausstrahlung des Bodens zu denken, welche auch eine Erkaltung der mit demselben in Berührung befindlichen Luftschichten bedingt. Die oben erkaltete Luft fliefst abwärts nach den Thälern, wo sie sich ansammelt, und wird durch Luft aus der Höhe ersetzt, durch Luft, welche wärmer ist als die am Boden erkaltete Luft und sich überdies noch beim Niedersinken erwärmt, indem sie von Punkten schwächeren Luftdruckes zu Punkten gröfseren Druckes gelangt. Dergestalt können im Winter, während in den Thälern starker Frost stattfindet, auf den Berghöhen relativ hohe Temperaturen hervortreten, und zwar mitunter längere Zeit hindurch. Unter solchen Umständen erscheinen die Abhänge und Berggipfel, insofern sie von trockener Luft umhüllt sind, meist heiter, während die Thäler und Niederungen von einer mehr oder weniger dicken Nebelschicht bedeckt sind.

Die nachstehende Tabelle, welche von Humboldt herrührt, zeigt, wie in den Andes und den mexikanischen Gebirgen die Temperatur mit wachsender Höhe über der Meeresfläche abnimmt.

Höhe über der Meeresfläche	Mittlere Temperatur	
	Cordilleras de los Andes	Mexicanische Gebirge
0	27,5°	26,0°
500 Tois.	21,8	19,8
1000 -	18,0	18,0
1500 -	14,3	14,0
2000 -	7,0	7,5
2500 -	1,5	1,0

Ein hoher Berg in der heifsen Zone zeigt, wie man zu sagen pflegt, allmählich alle Klimate von der Hitze der Tropen bis zum Polareise. Dabei ist freilich von mancherlei Modifikationen, wie sie z. B. die Verteilung des Festen und Flüssigen mit sich bringt, abgesehen. Mit der Erhebung über die Oberfläche des Meeres

Maſse, in welchem der Boden die Wärme absorbiert und ausstrahlt, sowie auch von der Wärmecapacität, in welcher Hinsicht verschiedene Bodenarten sich nicht unbeträchtlich von einander unterscheiden. Bei höherer Wärmecapacität erfolgt die Erwärmung und Erkaltung langsamer als bei geringerer Capacität. Die Wärmeausstrahlung ist wie die Wärmeabsorption von den besonderen physikalischen Verhältnissen des Bodens abhängig. Je geringer die Dichte starrer Körper, desto gröſser ist unter sonst gleichen Umständen ihre Ausstrahlung. Aufserdem kommt in Betracht, ob der Boden mehr oder minder feucht, ob er mit Vegetation bedeckt ist oder nicht. Wegen der groſsen Wärmecapacität des Wassers wird feuchter Boden sich nicht so stark und schnell erwärmen, aber auch nicht so rasch erkalten als trockener Boden. Die Verdunstung des Wassers bedingt natürlich eine Abkühlung. Ferner ist die Erkaltung, welche der Boden durch die nächtliche Wärmeausstrahlung erfährt, von der gröſseren oder geringeren Heiterkeit des Himmels abhängig, so daſs sie in heiteren und windstillen Nächten am gröſsten ausfällt.

Von einiger Bedeutung ist auch die Wärmeleitungsfähigkeit. Der Boden wird sich bis zu einer gewissen Tiefe um so schneller erwärmen, je gröſser seine Wärmeleitungs- und Absorptionsfähigkeit, und je geringer seine spezifische Wärme ist. Hingegen wird die Abkühlung des Bodens um so langsamer stattfinden, je gröſser die spezifische Wärme resp. Wärmecapacität und je geringer die Wärmeemission und die Wärmeleitungsfähigkeit ist. Übrigens sind die von dem Wassergehalt herrührenden Unterschiede erheblicher als die durch die Verschiedenheit der Bodenarten selbst bewirkten Unterschiede. Unter dem Einfluſs der Sonne erwärmen sich dunkle, trockene und leichte Bodenarten am schnellsten hingegen helle, schwere und feuchte am langsamsten. Zu dieser Klasse gehört namentlich reiner Thon, zu jener zählen die meisten Bodenarten mit gröſserem Gehalt an organischer Substanz. Indessen kann der Einfluſs der hellen Farbe durch eine geringe Wärmecapacität teilweise compensiert werden, so daſs manche helle Böden sich ebenso stark erwärmen, als dunkle. Nach einer Untersuchung von Wollny ist während der warmen Jahreszeit lufttrockener Boden bei dunkler Färbung der Oberfläche im Mittel wärmer als bei heller Färbung. Die nächtliche Wärmeabnahme erfolgt aber bei dunkler Färbung rascher als bei heller. Auch sind die täglichen Temperaturschwankungen auf dunkel gefärbtem Boden gröſser als

auf hell gefärbtem. Die Temperaturdifferenzen zwischen dunklem und hellem Boden verschwinden indefs da, wo die Bestrahlung von seiten der Sonne nicht mehr durchzudringen vermag. Endlich hat die Oberflächenfarbe, wie Wollny ferner hervorhebt, den bezeichneten Einfluſs nur unter sonst gleich bleibenden Verhältnissen der Mineralbestandteile und des Humus.*)

Die Geschwindigkeit, womit die Wärme in die Tiefe eindringt, hängt vorzugsweise von dem Wärmeleitungsvermögen der Bodenschichten ab, das für verschiedene Schichten verschieden, für alle aber nur gering ist. Indessen schreitet die Wärme, wenn sie nach der Vertikalen in den Boden dringt, im ganzen gleichmäſsig fort, was auch die Theorie lehrt. Jeder innere Punkt dieser Vertikalen erfährt allmählich ähnliche Übergänge von einem Maximum der Temperatur zu einem Minimum derselben und umgekehrt wie der entsprechende Punkt an der Oberfläche. Nun vermindert sich aber die von oben eindringende Wärme teils durch Strahlung, teils durch die Wärmecapacität des Bodens, teils endlich auch durch Mitteilungen an angrenzende Massen. Darum nehmen die Schwankungen der Temperatur, sowohl die täglichen als auch jährlichen, nach unten hin immer mehr ab, sodaſs die Wärme in einer gewissen Tiefe einen konstanten Wert erreicht, der mit der mittleren Temperatur der Oberfläche nahe übereinkommen wird. Da aber die mittleren Temperaturen an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche verschieden sind, so muſs ähnliches auch in der Tiefe bezüglich verschiedener Vertikalen stattfinden. Wie im allgemeinen die Temperatur an der Oberfläche vom Äquator nach den Polen abnimmt, so werden auch im allgemeinen die konstanten Temperaturen in der Tiefe an den Stellen, wo die jährlichen Temperaturschwankungen verschwinden, mit Annäherung an die Pole kleiner ausfallen. Es ist daher im Innern der Erde vom Äquator aus, wo der Boden am stärksten von seiten der Sonne erwärmt wird, nach den Polen hin ein seitliches Abströmen der Wärme und ein Gleichgewicht in dieser Hinsicht nur insoweit zu erwarten, als jeder Punkt, der auf dem Wege der Fort-

*) Vgl. ferner v. Liebenberg, Untersuchungen über Bodenwärme, Halle 1875.

pflanzung liegt, in jedem Moment ebenso viel Wärme empfängt als er abgiebt.

Die jährlichen Wärmeveränderungen dringen unter sonst gleichen Umständen etwa 19 mal tiefer als die täglichen ein. Wegen des allmählichen Eindringens der Wärme in die Tiefe mufs natürlich hier das Maximum (resp. Minimum) der Temperatur später als in der Atmosphäre erreicht werden. Versuche in Upsala gaben für die Geschwindigkeit, womit die jährlichen Temperaturphasen in die Tiefe eindringen, im Mittel 1 Fufs in 6 Tagen.

Aus der nachstehenden Tabelle erkennt man die Zeitpunkte, zu welchen die Maxima und Minima der Temperatur in den bezeichneten Tiefen eintreten.

Orte	Bodenart	Zeit des Maximums in einer Tiefe von 3'	6'	12'	24'
Bonn	Sand		15. Aug.	18. Sept.	16. Nov.
Brüssel		15. Aug.	16. Sept.	12. Okt.	15. Dcb.
Edinburg	Trapp	17. Aug.	2. Sept.	15. Okt.	6. Jan.
—	Sand	7. Aug.	28. Aug.	8. Okt.	27. Dcb.
—	Sandstein	13. Aug.	27. Aug.	19. Sept.	4. Nov.
		Zeit des Minimums in denselben Tiefen			
Bonn	Sand		15. Febr.	18. März	16. Mai
Brüssel		21. Febr.		19. April	16. Juni
Edinburg	Trapp	21. Febr.	19. März	22. April	8. Juli
—	Sand	21. Febr.	11. März	22. April	27. Juni
—	Sandstein	15. Febr.	24. Febr.	20. März	6. Mai

Da mit wachsender Tiefe die Extreme der Temperatur in der jährlichen Periode immer später eintreffen, so wird in einer gewissen Tiefe das Maximum eintreffen, wenn an der Oberfläche das Minimum hervortritt, und so umgekehrt. Nach Beobachtungen von Reich in Freiberg fiel das Maximum in einer Tiefe von 30 Fufs auf den 4. Januar, und nach Beobachtungen von Bischof in Bonn in einer Tiefe von 36 Fufs auf den 7. bis 11. Januar, wogegen das Minimum in derselben Tiefe zur Zeit des 7. bis 11. Juli eintrat.

Die Tiefen, in welchen die von aufsen eindringenden Temperaturschwankungen verschwinden, hängen sowohl von der Be-

schaffenheit (spezifischen Wärme, Leitungsfähigkeit) des Bodens als auch von der Gröfse des Spielraums jener Schwankungen ab. Nach Beobachtungen in Edinburg verschwinden die jährlichen Temperaturdifferenzen im Trapp bei 58 Fufs, im Sand bei 72′ und im Sandstein bei 97′ Tiefe. Aus Beobachtungen, die ein ganzes Jahr umfassen, fand Bischof, dafs in einer Tiefe von 60 rheinl. F. die jährliche Temperaturdifferenz nicht mehr als 0,0119° R. beträgt, und also daselbst zu verschwinden anfängt. Die täglichen Temperaturphasen erstrecken sich bis zu einer Tiefe von etwa 3—4 Fufs. —

Vom Äquator nach dem Pole hin nimmt die Bodenwärme auf analoge Weise wie die Luftwärme um so schneller ab, je mehr man sich dem Parallelkreise von 45° nähert. Auch mit der Erhebung über das Niveau des Meeres vermindert sich die Bodenwärme. Im Harz fand sich für eine Erhebung von 470,4 P. Fufs eine Temperaturabnahme von 1° C. Nach Versuchen, die Reich im Erzgebirge anstellte, kommt auf eine Temperaturabnahme von 1° C. bezüglich des Bodens eine Erhebung von 193,4 Meter und hinsichtlich der Luft eine solche von 174,2m. Demzufolge nimmt die Temperatur der Luft nach der Höhe rascher ab, als die des Bodens. Die Abnahme der Bodenwärme zeigte sich daselbst am langsamsten im Januar, am schnellsten im Juni. Aus Beobachtungen, die Boussingault an vielen Orten in den Andes anstellte, berechnete Bischof, dafs unter den Tropen bei einer Erhebung von 677 F. die mittlere Wärme um 1° R. abnehme.

Nach Beobachtungen von A. Schlagintweit erfolgt in den Alpen die Temperaturabnahme des Bodens nach der Höhe langsamer in den Thälern als auf freien Abhängen oder Gipfeln, und unter gleichen Umständen rascher in gröfseren Höhen. An der Baumgrenze trifft man in den Alpen in den verschiedenen Gebirgszügen nahezu dieselben Temperaturen an, wenn auch die Höhe jener Grenze selbst ziemlich verschieden ist. Die schnellste Abnahme der Bodentemperatur bemerkte man unmittelbar über der Baumgrenze.

Aus Beobachtungen, die Quetelet in Brüssel anstellte, läfst sich entnehmen, dafs die nicht periodischen Wärmeänderungen der oberen, der Insolation (Bestrahlung durch die Sonne)

und der Ausstrahlung ausgesetzten Bodenschichten, mögen diese nun trocken oder von Wasseradern durchzogen sein, parallel gehen den Unregelmäfsigkeiten der im Schatten beobachteten Luftwärme.*) Die im Pflanzengarten von Chiswick bei London angestellten Beobachtungen ergaben auch, dafs in einem Jahre, dessen Temperatur zu niedrig ausfällt, sowohl der freie als der beschattete Boden weniger als seine normale Wärme empfängt. Doch ist der Verlust für den ersteren bedeutender als für den letzteren, was auch für den Gewinn in einem wärmeren Jahre gilt. Übrigens nehmen auch die unregelmäfsigen Veränderungen mit wachsender Tiefe an Umfang ab.

36. *Innere Erdwärme.*

Dringt man von der Schicht konstanter Temperatur noch tiefer hinab, so findet man, dafs die Temperatur mit wachsender Tiefe zunimmt und zwar nach einer Reihe hierher gehöriger Untersuchungen in der Art, dafs etwa auf 96 bis 100 Fufs 1° C. kommt. Beobachtungen hierüber hat man vorzugsweise in natürlichen und künstlichen Höhlen und in wasserreichen artesischen Brunnen gemacht. An verschiedenen Orten zeigte sich eine sehr verschiedene Zunahme, was sich aus der verschiedenen Konfiguration des Bodens, namentlich aus der ungleichen Höhe über der Meeresfläche und anderen lokalen, teils chemischen, teils physikalischen Vorgängen hinlänglich erklärt. Nimmt man an, dafs die Erdwärme auf die oben bezeichnete Weise gleichförmig nach unten zunimmt, so würde sie in einer Tiefe von 7 geogr. Meilen den Schmelzpunkt des Eisens und Basalts erreichen. Jüngst wurden Beobachtungen zu Schladebach (Prov. Sachsen) in einem Bohrloche von 1392 Meter Tiefe angestellt. Darnach würde die Erdwärme unter Voraussetzung einer gleichmäfsigen Zunahme nach unten hin in einer Tiefe von etwa 3000 Metern den Siedepunkt des Wassers und bei 10 Meilen Tiefe den Schmelzpunkt des Platins erreichen.

Zur Beobachtung der Temperatur in tiefen Bohrlöchern und Schachten dienten mit Wasser angefüllte Flaschen, die man in

*) Dove: Berichte d. Berl. Akad. 1846.

die Tiefe hinabläfst und, nachdem sie hier die Temperatur ihrer Umgebung angenommen haben, wieder emporzieht, um die Temperatur des Wassers mittelst eines eingetauchten Thermometers zu beobachten; alsdann die sogen. Geothermometer, Walferdin's Maximum- und Minimumthermometer. Magnus gebrauchte hierzu ein Quecksilberthermometer mit etwas weiter Röhre, deren oberes offenes Ende in eine feine gekrümmte Spitze ausgezogen und mit einer weiteren Kappe umgeben ist. Senkt man diesen Apparat in die Tiefe hinab, so wird beim Steigen der Temperatur ein Teil des Quecksilbers in die Kappe fliefsen und hier bleiben, wenn das Instrument wieder in die Höhe gezogen wird. Vergleicht man es nun mit einem übereinstimmenden Normalthermometer, so ergiebt sich aus der Differenz der Quecksilberstände, um wie viel die Temperatur in der Tiefe höher war als diejenige, bei welcher das Quecksilber die ganze Röhre ausfüllt. Zu demselben Zwecke haben Becquerel und Peltier ein thermoelektrisches Element empfohlen, das mit einem Multiplikator in Verbindung steht. Indessen hat sich das Thermometer von Magnus mit einigen Änderungen als sehr zweckmäfsig erwiesen.

37. *Temperatur der Gewässer.*

a. *Temperatur der Quellen.*

Da das Quellwasser gröfstenteils von atmosphärischen Niederschlägen herrührt, so wird seine Wärme von der Temperatur dieser Niederschläge, zu welchen auch das Schmelzwasser des Schnees gehört, abhängen. Sodann kommt die Wärme der Bodenschichten in Betracht, durch welche das atmosphärische Wasser in die Tiefe sinkt, und ferner auch die Temperatur des Ortes, wo es als Quelle hervortritt. Auch kann die Geschwindigkeit, mit der das eingedrungene Wasser in der Erdkruste sich bewegt und mit der es wieder zur Erdoberfläche kommt, nicht ohne Bedeutung für die Temperatur des Quellwassers sein. Tritt dasselbe aus der Bodenschicht konstanter Temperatur (Nr. 35) hervor, so wird seine Wärme keine erheblichen Schwankungen darbieten. Bei geringerer Tiefe nimmt das Quellwasser an den äufseren Temperaturschwankungen vollen Anteil. Die Extreme der Temperatur werden aber in der jährlichen Periode um so später eintreten, und die Differenz dieser Extreme wird um so geringer sein, aus je gröfserer Tiefe die Quelle emporsteigt. So giebt es auf der nördlichen Hemisphäre viele

Quellen, bei welchen das Maximum ihrer Temperatur im Herbst (September und Oktober) und das Minimum derselben im Frühling (März oder April) eintritt. Die Differenz zwischen beiden Extremen beträgt dann meistens 1 bis 2°.

Insofern die Quellenwärme von der Temperatur des eindringenden atmosphärischen Wassers abhängt, ist auch für solche Quellen, welche aus der Tiefe konstanter Temperatur aufsteigen, eine mit der mittleren Temperatur der Luft übereinstimmende Wärme nur da zu erwarten, wo der Regen auf die verschiedenen Jahreszeiten möglichst gleichförmig verteilt ist. Fällt dagegen, wie in Südeuropa, in den wärmsten Monaten kein Regen, so ist die Quellenwärme niedriger als die mittlere Luftwärme. So wird auch in der Nähe der Wendekreise, wo die Quellen vorzugsweise von dem kühleren Wasser der Regenzeit gespeist werden, die Quellenwärme niedriger als die mittlere Lufttemperatur sein. In höheren Breiten aber, wo das Maximum des Regens in den Sommer fällt, wird die Temperatur des Quellwassers die mittlere der Luft übersteigen.

Beobachtungen in Grofsbrittannien, Schweden, Deutschland, und der Schweiz haben ergeben, dafs dort allerdings die mittlere Quellentemperatur etwas höher ist als das vieljährige Mittel der Lufttemperatur. Die Gröfse, um welche sich die mittlere Luftwärme unter das Mittel der Quellenwärme erniedrigt, nimmt in der Richtung von SW. nach NO. zu.

Beobachtungen, die A. Schlagintweit in den Alpen anstellte, ergaben, dafs die Quellen in den Thälern in gleicher Höhe wärmer sind, als jene auf Abhängen oder Gipfeln, was besonders in den höchsten Regionen sehr deutlich hervortrat.

Mit zunehmender Höhe nimmt die Quellenwärme ab. Für den Harz fand Hertzer*) auf Grund zahlreicher Beobachtungen für eine Abnahme der Quellenwärme um 1° R. im Mittel eine Erhebung (Höhenstufe) von 640 P. Fufs. Die Temperatur der Luft sinkt im Harze mit 580 F. Erhebung um 1° R., nimmt also schneller ab als die Temperatur der Quellen. Für den

*) Die Quellentemperatur der Harzgegend in der Richtung und Höhe zwischen Halberstadt und dem Brockengipfel. Wernigerode 1874.

Thüringer Wald fand Fils eine Höhenstufe von 594 P. Fuſs bezüglich einer Temperaturabnahme von 1° C. oder 742 F. für 1° R. Im Bayerischen Walde beträgt die Höhenstufe, nach Sendtner, 854 F. hingegen für die Bayerischen Alpen (nach demselben) 1085 F. Hertzer hebt noch hervor, daſs veränderliche Quellen eine langsamere Temperaturabnahme bekunden als konstante.

Eine sehr merklich niedrige Temperatur zeigen, nach Hallmann, jene Quellen, die als Abflüsse hochgelegener unterirdischer oder offener Wasseransammlungen erscheinen. Dieselben führen, indem das Wasser rasch und in Masse herabkommt, Kälte aus der Höhe mit sich, und sind daher abnorm kalt für das Niveau, in welchem sie hervortreten. Es gehören hierher die Quellen des Mühlbaches von Nemie, ebenso einige im Taveronethale zwischen Arsoli und Agosta.

Quellen, deren Temperatur die mittlere Luftwärme bedeutend übersteigt, werden insgemein Thermen genannt. Je nachdem die Temperatur über oder unter 30° C. liegt, spricht man von absoluten oder relativen Thermen. Man findet die ersteren in den verschiedensten Gegenden der Erde. Manche haben eine der Siedehitze gleichkommende Temperatur. Viele heiſse Quellen, die in der Nähe thätiger Vulkane entspringen, empfangen durch diese ihren hohen Wärmegrad. Andere mögen aus einer sehr bedeutenden Tiefe kommen, so daſs ihre hohe Temperatur von der inneren Erdwärme herrührt (Nr. 36), falls man dabei nicht etwa an mehr lokale Vorgänge chemischer und physikalischer Art zu denken hat, an Vorgänge, welche mit einer beträchtlichen Wärmeentwickelung verknüpft sind.

b. *Temperatur der Flüsse und Seeen.*

Das feste Land und das Wasser bieten in Rücksicht ihres Verhaltens zur Wärme einige bemerkenswerte Unterschiede dar. Zuvörderst kommt hier der Unterschied in Betracht, daſs gleiche Gewichtsteile Wasser und trockene Erde zum Behufe gleicher Temperaturerhöhung sehr ungleicher Wärmemengen bedürfen: das Wasser fast 5mal so viel als die Erde. Luft und Erde zeigen in dieser Beziehung einen viel geringeren Unterschied. Sodann wird ein beträchtlicher Teil der dem Wasser zufallenden

Wärme zur Umwandelung desselben in Dampf verwendet, was eine Abkühlung mit sich führt. Indem nun das Wasser unter sonst gleichen Umständen seine Temperatur durch Absorption der Wärme weniger erhöht, aber auch durch Ausstrahlung weniger erkaltet als der starre Boden, werden die Extreme der äufseren Temperaturschwankungen in den oberen Schichten ausgedehnter Wassermassen minder scharf hervortreten als auf dem festen Lande. So wird z. B. der Unterschied zwischen Tag und Nacht im Wasser eine geringere Temperaturdifferenz bewirken als auf dem Lande.

Wie die Luftwärme, so zeigt auch die Flufswärme eine tägliche und jährliche Periode. Wird die Luft kälter oder wärmer, so geschieht dies auch in Ansehung des Flufswassers, jedoch langsamer und in geringerem Mafse, so dafs z. B. zur Zeit des Morgens, wo die Luftwärme ihr Minimum erreicht, das Flufswasser noch wärmer als die Luft ist. Die täglichen Schwankungen der Flufswärme sind geringer als die der Luftwärme. Dasselbe gilt auch von den monatlichen und jährlichen Schwankungen.

Ferner hat sich herausgestellt, dafs viele Flüsse der gemäfsigten Zone im Winter wärmer, im Sommer kühler als die Luft sind. Doch stimmt ihre Mitteltemperatur mit derjenigen der Luft nahe überein. Bezüglich der Rhone und Saone fand Bravais bei Lyon die mittlere Temperatur des Wassers etwas höher als die der Luft. Abweichungen können durch lokale Verhältnisse herbeigeführt werden.

Nach Beobachtungen von Hertzer*) zu Wernigerode (im Harz) zeigt sich das Flufswasser vom April bis Oktober kälter, in den übrigen Monaten wärmer als die Luft. Dagegen fand Renou den Loir-Flufs bei Vendome in allen Monaten wärmer, und v. Freeden die Weser bei Elsfleth stets kälter als die Luft. Nur im Januar zeigte die Weser einen sehr geringen Überschufs (von 0,06). Indessen ergaben sich auch in Wernigerode einzelne Ausnahmen von der aufgestellten Regel, und

*) Über die Temperatur der Flüsse, mit Benutzung achtjähriger, in Wernigerode angestellter Beobachtungen. Programm des Gymn. zu Wernigerode. 1865.

zwar am häufigsten im Winter. Im Jahresmittel stimmten Fluſs- und Luftwärme (in Wernigerode) sehr nahe überein. Der Loir-Fluſs war aber im Jahresmittel 2,24 Grad wärmer, und die Weser bei Elsfleth 1.3 Grad R. kälter als die Luft.

De Saussure fand die Arve bei Genf an schönen Sommertagen in den frühen Morgenstunden und Abends wärmer als im Laufe des Tages bei höher steigender Sonne. Die Wasserhöhe änderte sich im umgekehrten Verhältnis mit der Temperatur. Je niedriger die letztere, desto wasserreicher war der Strom. Die Ursache dieser Erscheinung hat man in dem Schmelzwasser der Hochgebirge erkannt.

Analoges beobachtete Hertzer zu Wernigerode im März 1860 und 1861, wo das Fluſswasser Nachmittags kälter erschien, als Morgens. Den Grund davon sieht Hertzer wohl mit Recht in dem Umstande, daſs der Fluſs in jener Periode aus seiner Umgebung eine nicht unbedeutende Menge Thauwasser von der Temperatur Null aufnahm, welches aber, da es von einer nur durch die Sonne bewirkten Schneeschmelze herrührte, fast nur am Tage dem Flusse zuströmte. Als eine andere Ursache der in Rede stehenden Erscheinung werden von Hertzer noch die zu jener Zeit stattgefundenen Schneefälle angeführt, welche vermöge der im Wasser erfolgten Schneeschmelze eine vorübergehende Erniedrigung der Fluſswärme bewirkten. Auſser den bezeichneten Momenten sind in Hinsicht auf die Temperaturverhältnisse der Flüsse noch zu beachten die direkte Einstrahlung der Sonnenwärme, die Berührung des Wassers mit dem Boden, das Gefälle und die Richtung der Fluſsthäler. —

Im Sommer und Herbst ist die Temperatur des See- und Fluſswassers in der Tiefe niedriger als an der Oberfläche, weil die oberen Schichten teils durch Absorption der Sonnenstrahlen, teils durch die warme über sie hinstreichende Luft erwärmt werden. Dagegen müssen dieselben im Winter erkalten, einmal wegen der nächtlichen Ausstrahlung und dann auch, weil sie mit kalter Luft in Berührung kommen. Während des Erkaltens werden aber die Schichten an der Oberfläche dichter, sie sinken deshalb in die Tiefe hinab und werden durch andere ersetzt, welche gleichfalls erkalten und niedersinken. Dies geht

so fort, bis die ganze Masse auf 4° C., wo bekanntlich das Wasser seine gröfste Dichte hat, erkaltet ist. Geht von hier an die Erkaltung der oberen Wasserschichten noch weiter, so werden sie leichter, indem sie sich von diesem Punkte an wieder ausdehnen; sie sinken daher auch nicht mehr hinab. Daher bildet sich das Eis in stehenden Gewässern nur auf der Oberfläche und seine Dicke kann eine gewisse Grenze nicht überschreiten. Dasselbe gilt im wesentlichen auch von den Flüssen. Bei ihnen beginnt die Eisbildung in der Regel an den Ufern, von wo sie nach dem Stromstrich hin allmählich fortschreitet. Befördert wird die Eisbildung in Flüssen durch darin enthaltene feste (erdige) Teilchen. Schnell fliefsende Ströme frieren nicht so leicht zu als langsam fliefsende, wie denn auch ein Strom bei hohem Wasserstande minder rasch zufriert, als bei niedrigem.

Indessen können besondere Bewegungsverhältnisse der Wasserteilchen in Flüssen und Strömen stellenweise eine mehr gleichförmige Verteilung der Wärme im vertikalen Sinne herbeiführen, indem die ungleich erwärmten Schichten durcheinander gemengt werden. Auf solche Weise kann es geschehen, dafs das Wasser bei einer gewissen Kälte der Luft durch seine ganze Masse von der Oberfläche bis auf den Grund eine Temperaturerniedrigung von 0° erfährt. In diesem Falle ist wohl auch eine Bedingung zur Eisbildung in der Tiefe gegeben, wenn sich daselbst hervorragende starre Körper befinden, welche den Krystallisationsprozefs des Wassers begünstigen und zum Teil auch jene Bewegungsverhältnisse herbeiführen, durch welche auf oder unter 0° erkalteten Wasserteilchen in die Tiefe gezogen werden. Nach Beobachtungen, die Engelhard*) mitteilt, soll die Grundeisbildung in einem Kanal gehindert werden, wenn man denselben von allen Körpern reinigt, welche eine wirbelnde oder strudelnde Bewegung des Wassers bewirken. Das Grundeis unterscheidet sich vom gewöhnlichen Eise durch seine poröse schwammige Beschaffenheit und bedeckt im Flufs-

*) Comptes rend. T. LI, Nr. 1. — Zeitschrift für die Ges. Naturwissenschaften Bd. XV, S. 453. Vergleiche insbesondere auch Strehlke: Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie Bd. 28, S. 233.

bette befindliche Gegenstände mit einer aus Eisblättchen bestehenden Kruste. Da Eis spezifisch leichter als Wasser ist, so werden Gegenstände, an denen das Grundeis haftet, durch dasselbe nicht selten teilweise oder wohl auch ganz mit an die Oberfläche gebracht. Die Steigkraft des Eises wächst mit seinem Volumen. Obwohl nun das sog. Grundeis ohne Zweifel aus der Tiefe emporsteigt, so ist doch damit noch nicht sicher erwiesen, dafs dasselbe dort an der Oberfläche der betreffenden Körper wirklich entsteht. Nach einer anderen Ansicht sollen diese Körper nur als Ansatzpunkte von Eiskrystallen dienen, welche im Wasser selbst oder auf dessen Oberfläche entstanden sind. So bildet sich nach Gay-Lussac*) zuerst an der Oberfläche des Wassers eine Menge von Eiskrystallen, wenn bei heiterer, trockener Luft plötzlich Kälte eintritt und dann die Erkaltung der oberen Wasserschichten noch durch die Verdunstung beschleunigt wird. Diese Eiskrystalle, deren Temperatur unter 0° C. ist, verbreiten sich durch die ganze Wassermasse und erteilen derselben, indem sie sich wieder auflösen, die Temperatur des Gefrierpunktes. Sobald dies geschehen ist, werden die neu entstandenen, unter 0° erkalteten Eiskrystalle durch die Gewalt des Wassers gleichsam in die Tiefe hinabgedrückt, wo sie an hervorragenden Gegenständen lose gefrieren und dann mit anderen vereinigt die schwammige Masse des Grundeises bilden. Indessen läfst sich diese Ansicht Gay-Lussac's, so wie sie von ihm selbst dargelegt wurde, nicht durchweg aufrecht erhalten.**) Dieselbe hat denn auch etliche Modifikationen erfahren. Manche***) betrachten das Grundeis als entstanden aus unreifem oder unentwickeltem Treibeis, welches durch die Wellenbewegung in der Form kleiner Blättchen in die Tiefe geführt wird, wo es sich an den Herum-

*) Ann. de chim. et de phys. T. LXIII. p. 310 Taf. von Arago. Annuaire pour l'an 1833, p. 244.

**) s. in dieser Beziehung z. B. Meteorol. Jahrbuch für 1871 S. 529.

***) s. C. W. Weber. Die Entstehung des Grundeises nach Erfahrungssätzen und physikalischen Regeln erläutert. Potsdam 1871. Derselbe, Über Grundeis. Brandenburg 1879; Zschokke, Das Grundeis und der Frost. Verhandlungen der naturf. Ges. zu Bern. 1875.

ragungen des Flufsbettes festsetzt. Von denselben reifst es sich dann wieder los, sobald die Temperatur eine hinreichende Steigerung erfährt. *)

c. *Temperatur des Meeres.*

Die Wärme der oberen Meeresschichten erweist sich viel gleichförmiger, als die Luft- und Bodenwärme des festen Landes, wie dies nach den obigen Bemerkungen über das Verhalten des Wassers zur Wärme zu erwarten ist. Sowohl der jährliche als tägliche Spielraum der Wärme ist für das Wasser geringer. In mittleren und höheren Breiten zeigt sich der jährliche Spielraum etwas gröfser als unter den Tropen fern von den Küsten, erreicht jedoch bei weitem nicht den der Luft- und Bodenwärme des festen Landes. Mit wachsender geographischer Breite nimmt auch die Meereswärme ab, aber viel langsamer als die Wärme der Kontinente. Indessen erfolgt diese Abnahme für verschiedene Meere nicht auf gleiche Weise; sie ist für den stillen Ocean, in der Nähe des arktischen Meeres, merklich gröfser als für den atlantischen, was z. T. mit Meeresströmungen zusammenhängt. In der heifsen Zone ist die Temperatur der Meeresoberfläche meist etwas niedriger als die Temperatur der darüber schwebenden Luft, wogegen in der gemäfsigten und kalten Zone das Wasser eine etwas höhere Temperatur bekundet. Vergleicht man das feste Land mit dem Meere, so ergiebt sich, dafs letzteres in der heifsen Zone bezüglich der mittleren Jahrestemperatur minder warm als jenes wird, während es sich in der gemäfsigten und kalten Zone umgekehrt verhält.

Im atlantischen Ocean fand sich an der Oberfläche als höchste mittlere Jahrestemperatur 28,6° C. im Golf von Guyana. Für denselben Ocean stellte sich vom Äquator bis 50° nördl. Br. die Oberflächentemperatur im Mittel zu 20° C. heraus und für den entsprechenden südlichen Teil zu 19° C. Dafs der grofse oder stille Ocean in seinem nördlichen Teile eine geringere Oberflächenwärme als der atlantische darbietet, haben wir bereits bemerkt. Dagegen verhält es sich bezüglich des Südens umge-

*) Vglch. ferner des Verf. Meteorologie S. 150 ff.

kehrt. Hier erscheint der stille Ocean wärmer als der entsprechende atlantische, wie denn auch der indische Ocean wärmer ist als der südliche atlantische.

Wie in eingeschlossenen Landseeen, so müssen auch im Ocean die an der Oberfläche erkalteten Wasserteilchen niedersinken, die wärmeren dagegen aufsteigen. Während aber süfses Wasser bis auf 4° C. erkaltet, das Maximum seiner Dichte erreicht, und daher bei fernerer Erkaltung sich wieder ausdehnt und leichter wird, also an der Oberfläche bleiben mufs, erfährt das Meerwasser wegen seines Salzgehaltes eine fortdauernde Zusammenziehung, so dafs es bei Erkaltung unter den Nullpunkt des Thermometers noch fortwährend in die Tiefe sinken kann. Ein anderer Unterschied besteht darin, dafs im Meere das in die Tiefe gesunkene kältere Wasser seitlich nach wärmeren Gegenden hinströmen mufs, wogegen in eingeschlossenen Landseeen ein solches Abfliefsen des Wassers nicht ebenso stattfinden kann.

Das Meer zeigt fast überall eine Abnahme der Temperatur nach der Tiefe zu, obwohl in verschiedenen Breiten nicht ganz auf dieselbe Weise. Die Temperaturabnahme erfolgt insgemein anfänglich rascher, weiterhin langsamer bis zu einer Tiefe, die 730m bis 1100m beträgt. Hier waltet eine Temperatur von etwa 4° C. Von dieser Schicht an schreitet denn die Temperaturabnahme noch langsamer als zuvor nach dem Boden hin fort. In der Nähe des letzteren fand man in mittleren und niederen Breiten in Tiefen von 3660 bis 5500 Meter eine Temperatur von +1 bis +2°, am Äquator selbst eine noch etwas geringere, stellenweise sogar unter 0°, und in den Polarmeeren −2° bis −3° C. Im allgemeinen variirt die Temperatur des Wassers über dem Meeresboden zwischen +2° und −2° C. Diese niedrigen Temperaturen können in Anbetracht der mittleren und niederen Breiten nicht von kalten Oberflächenströmen aus den Polarmeeren bedingt sein, sondern man hat hier an eine langsame Bewegung der gesamten unteren Meeresschichten von den Polen nach dem Äquator hin zu denken, an eine Bewegung die sich vom Boden aufwärts bis zu 3658m erstreckt.*) Man

*) s. v. Boguslawski, Handbuch der Oceanographie. Stuttgart 1884

erkennt nun leicht, dafs die Temperatur des Wassers am Boden um so niedriger ausfallen mufs, je freier das betreffende Meer mit dem Polarmeere communiciert. Daher ist die Temperatur im südatlantischen Ocean, der durchweg in freier Verbindung mit dem südlichen Eismeer steht, geringer als im nordatlantischen, wo grofse Landmassen die freie Verbindung beschränken. Übrigens kann die besondere Konfiguration des Meeresbodens, insofern sie die Bewegung der Ströme beeinflufst, für die Temperaturverhältnisse des Wassers in der Tiefe nicht ohne Bedeutung sein.

Das Meerwasser hat wegen seines Salzgehaltes einen tieferen Gefrierpunkt als das süfse Wasser; auch ist um desselben Umstandes willen die Temperatur seines Dichtigkeitsmaximums viel niedriger. Das Wasser des grönländischen Meeres, dessen spezifisches Gewicht 1,0263, gefriert nach Scoresby bei —2,01° C. Nach Despretz gefriert Wasser von 1,027 spezif. Gewicht bei —1°,84 und hat seine gröfste Dichtigkeit bei —3°,67 C. Neuerdings fand C. v. Neumann den Gefrierpunkt eines Gemisches von Seewasser, das aus dem mittelländischen Meere, dem asiatischen und der Nordsee stammte, bei —2°,6 und das Maximum seiner Dichte bei —4°,74.

Im Winter kühlen sich die oberen Meeresschichten durch Ausstrahlung und Verdunstung und namentlich durch Berührung mit der kalten Luft ab; daher sie wegen vermehrter Dichtigkeit in die Tiefe sinken. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, als sich an der Oberfläche dichtere Wasserschichten bilden können. In der That fand Edlund (Poggend. Ann. Bd. CXXI, S. 513) durch direkte Versuche mittelst eines Minimalthermometers, dafs bei andauernder Kälte das Meerwasser (der Ostsee) in der Tiefe eine geringere Temperatur hat, als in den oberen Schichten. Bei anhaltender Kälte setzt sich nun die Abkühlung des Wassers bis zu seinem Gefrierpunkte fort, wo denn, wenn eine starke Strömung in dem Wasser eintritt, oder Schnee in dasselbe hineinfällt, sich Eis bildet, das bei fortdauernder Kälte zu einer kompakten Masse wird. Finden derartige Begünstigungen der Eisbildung nicht statt, so schreitet die Abkühlung noch unter den Gefrierpunkt fort und die

erkalteten Wasserschichten erfahren unter günstigen Verhältnissen einen bedeutenden Anwachs. Es wird dann aber, wenn durch irgend einen Umstand an einer Stelle die Eisbildung eintritt, dieselbe rasch durch die ganze Masse fortschreiten. Das Eis scheidet sich in Gestalt eines Breies oder in kreisrunden Täfelchen ab, deren Durchmesser zwischen 1 und 5 Zoll variirt. Geht diese Bildung einmal vor sich, so vollzieht sich dieselbe mit einer so bedeutenden Geschwindigkeit, dafs die Fischer mit ihren kleinen Boten sich nur mit Mühe durch den Brei hindurcharbeiten können. Scheidet sich das Eis in kleinen Täfelchen aus, so kommen diese mit der scharfen Kante zuerst an die Oberfläche und gewöhnlich ebenfalls so massenhaft, dafs sie die Netze der Fischer, Seetang u. dergl. mit emporbringen.

Ein grofser Teil der Polarmeere ist beständig mit Eis bedeckt, dessen Grenzen jedoch veränderlich sind. Die Eisfelder entstehen nicht etwa blos von den Küsten aus, sondern nach Scoresby, welcher die Eisbildung zwischen Spitzbergen und dem Nordpol beobachtete, auch auf dem offenen Meere. Zunächst tritt auf der Oberfläche eine Fülle von Krystallen zu Tage, die sich zu kleinen runden Schollen vereinigen, welche allmählich an Umfang zunehmen und wegen ihrer Form von den englischen Seeleuten Pancakes (Pfannkuchen) genannt werden. Bei ruhiger See bildet sich dann aus ihnen eine Eisdecke (Eisfeld), die von unten her ziemlich rasch bis zu einer gewissen Grenze an Dicke zunimmt. Eine Vergröfserung von oben kann ebenfalls stattfinden, nämlich durch den während des Winters gefallenen Schnee, der durch wechselndes Aufthauen und Gefrieren in Eis verwandelt wird. Die Eisfelder treiben entweder frei in der See, oder sitzen mit einer Seite an der Küste fest. Das auf dem Meere schwimmende Polareis heifst Treibeis. Kleinere von den Eisfeldern abgetrennte Stücke, welche sich nicht selten in sehr grofser Menge zusammendrängen und infolge des Frostes fest aneinander haften, bilden das sog. Packeis. Indessen unterscheidet Weyprecht*) von den eigentlichen Eisfeldern,

*) Die Metamorphosen des Polareises. Wien u. Leipzig 1879.

die im Vergleich zu ihrer Breite und Länge nur eine geringe Dicke haben, die Flarden, Schollen und Brocken. Als Treibeis bezeichnet derselbe Eis, das nicht älter als zwei Jahre ist, wogegen solches, dafs mehrere Jahre hindurch der Einwirkung des Frostes ausgesetzt war und sich zu erheblichen Massen anhäuft, als Packeis erscheint. Indem vom Winde umhergetriebene Schollen sich stellenweise von einander entfernen, entstehen zwischen denselben mit Eisbrocken erfüllte Wasserräume. Manche Eisfelder bieten eine völlig ebene Fläche dar, während andere mit zahlreichen Erhöhungen (Höckern) versehen sind. Diese letzteren rühren teils von Eismassen her, welche bei Stürmen mit den Wellen auf die Eisfelder geschleudert werden, teils von Schnee, der durch die Winde angehäuft und nachher in Eis verwandelt wird. — Die Eisfelder lassen sich schon aus beträchtlicher Entfernung, selbst wenn sie noch unter dem Horizont sind, durch den sog. Eisblink erkennen. Derselbe ist eine Art von Luftspiegelung, welche durch eine ungewöhnliche Brechung und Reflexion der vom Eise ausgehenden Lichtstrahlen bewirkt wird.

Die Eisberge, welche in den Polargegenden (Küste von Grönland, Davisstrafse, Baffinsbay) in grofser Anzahl vorkommen, haben mitunter eine Gesamthöhe von 1500 — 1800 Fufs, und ragen je nach dem Unterschiede zwischen den spezifischen Gewichten des Eises und des Seewassers mehr oder weniger über die Oberfläche des Wassers empor. Diese Eisberge verdanken ihren Ursprung gletscherartigen Eismassen, welche in den benachbarten Gebirgsthälern entstehen und sich bis ins Meer forterstrecken. Bruchstücke, die sich am vorderen Rande des Gletschers ablösen, bewegen sich auf dem Meere weiter und bilden schwimmende Eisberge. Manche den Eisbergen ähnliche Gebilde entstehen wohl dadurch, dafs Bruchstücke von Eisfeldern durch die Wogen u. dgl. über oder unter einander geschoben werden, wozu noch eine allmähliche Vergrösserung durch den auf die oberen Schollen fallenden Schnee kommen kann, indem dieser durch partielles Aufthauen und nochmaliges Gefrieren endlich in Eis übergeht. Auch die Eisberge kann man wegen ihrer Höhe und ihres Glanzes schon aus beträchtlicher Entfernung erkennen.

Durch schroffe Temperaturwechsel erhalten die Eismassen Risse und Spalten, sodafs sie unter Einwirkung von Winden und Wogen zertrümmert werden, wie denn auch warme Winde und Meeresströmungen erhebliche Massen des Eises in Wasser umwandeln.

Man unterscheidet eine Sommer- und Wintergrenze des Polareises. Die Wintergrenze des nördlichen Polareises, läuft nach Scoresby, um Labrador, schliefst die Baffinsbai etwa am Polarkreise ab, umzieht das ganze nördliche Grönland, schneidet den nördlichen Teil von Island und zieht sich südlich von Jan-Mayen und der Bäreninsel fast mitten zwischen dem Nordkap und der Südspitze von Nowaja-Semlja hin. Die Sommergrenze des nördlichen Polareises geht von der Südspitze Grönlands, etwa 1° nördlich von Jan-Mayen, nach dem Nordkap, biegt ungefähr in der Mitte zwischen Jan-Mayen und dem Nordkap um die Nordspitze von Spitzbergen gegen die Bäreninsel, und trifft etwa in dem Parallel von 75° das nördliche Nowaja-Semlja.

Über diese Grenzen hinaus gelangt das Polareis durch Strömungen in niedere Breiten, indem es mit dem Beginn der warmen Jahreszeit, unter dem Einflufs der höher steigenden Sonne in Bewegung gerät. Namentlich werden aus den Gegenden zwischen Spitzbergen und Grönland, und aus der Baffinsbai viele Treibeismassen durch Strömungen aus dem nördlichen Polarmeere den niederen Breiten und dem Golfstrom (im Meridian von Neufundland) zugeführt, wo dieselben dann rasch schmelzen. Auf der südlichen Hemisphäre treiben gleichfalls bedeutende Eismassen niederen Breiten zu.

38. *Grenzen des ewigen Schnees.*

Vermöge des Gesetzes, nach welchem die Temperatur mit wachsender Höhe abnimmt, mufs es überall, selbst unter dem Äquator, eine Höhe geben, wo der gefallene Schnee auch im Sommer nicht mehr völlig wegschmelzen kann. Die Linie nun, welche alle Punkte enthält, von denen an der Schnee selbst im Sommer nicht mehr völlig wegschmilzt, nennt man die Grenze des ewigen Schneees, oder auch die Schneelinie. Die Höhe derselben ist bedingt durch die mittlere Jahrestemperatur, vorzugsweise aber durch die Intensität und Dauer der Sommerwärme und durch die Menge des im Winter fallenden Schneees. Je gröfser die letztere ist und je kleiner die beiden ersteren Faktoren sind, desto tiefer geht die

Schneelinie herab. Haben zwei Orte gleiche mittlere Jahrestemperatur, so richtet sich für dieselben die Höhe der Schneegrenze besonders nach der Verteilung der Wärme auf die verschiedenen Jahreszeiten. Je gleichförmiger diese Verteilung und geringer demgemäfs die Sommerwärme ist, desto weniger wird der in der kälteren Jahreszeit gefallene Schnee im Sommer völlig wegschmelzen können, desto tiefer wird also die Schneelinie herabreichen. Die mittlere Jahrestemperatur kann dabei über 0° sein. In höheren Breiten liegt die Schneegrenze höher als die Isotherme von 0°, am Äquator unterhalb dieser Isotherme. Die mittlere Temperatur der Schneegrenze ist also hier (am Äquator) höher als 0°. Nach Humboldt entspricht die Schneegrenze daselbst der Isotherme von 0°,4, in der gemäfsigten Zone der Isotherme von —4° und in der kalten der von —6°.

Für Küstengebirge mufs die Schneelinie tiefer herabgehen als für Gebirgsgegenden im Innern der Kontinente. Denn dort ist der Spielraum der Temperatur geringer und die Luft feuchter, es fällt also daselbst auch mehr Schnee und der Sommer ist weniger heifs als hier.

Einen Einfluſs auf die Höhe der Schneelinie übt noch die Konfiguration. — Gegensatz der Schatten- und Sonnenseite eines Gebirges.

Insofern die Grenze des ewigen Schnees sich mit den Jahreszeiten ändert, nämlich in den wärmeren höher hinaufrückt, und auch in heifsen Sommern höher liegt als in kühleren, spricht man auch von einer mittleren Schneegrenze, und unterscheidet mit Bezug auf dieselbe und jene Veränderungen eine obere und untere Grenze. Doch wird die obere Schneegrenze auch noch in einem anderen Sinne gefafst. Wenn man nämlich im Sommer höhere Gebirge besteigt, so trifft man zunächst auf einzelne Schneepartieen, die mit wachsender Höhe an Ausdehnung zunehmen und sich endlich zu einer allgemeinen Schneedecke vereinigen, aus der wohl noch in den gröfsten Höhen nackte Felsen, die dem Schnee keine Anhaltspunkte darbieten, hervorragen. Da nun die Höhendifferenz zwischen den ersten Schneeflecken und den gröfseren Schneefeldern in manchen Gebirgen mehrere 100 und selbst 1000 Fufs beträgt, so bezieht man die Unterscheidung zwischen oberer

und unterer Schneegrenze hie und da auch auf diese Höhendifferenz.

Einen beträchtlichen Unterschied zeigen die nördliche und südliche Abdachung des Himaláya. Auf jener liegt die Schneelinie nach Humboldt 3420′ höher als auf dieser. Die letztere fällt bis zum Niveau des Meeres ab, die erstere schliefst sich aber an die bedeutende Hochebene von Tibet an. Die von dem indischen Ocean herkommende feuchte Luft wirft auf der südlichen Abdachung in den höheren Gegenden des Gebirges eine grofse Masse von Schnee nieder, was auf der nördlichen nicht der Fall sein kann, da hier die Luft bei weitem trockener ist.

Die folgende Tabelle enthält die Höhe der Schneegrenze an verschiedenen Orten der Erde.

Orte	Breite	Untere Grenze des ewigen Schnees	Mittl. Temp. am Meere in gleicher Breite		Mittlere Temperatur in der Höhe	
			Jahr	Sommer	Jahr	Sommer
Norwegen, Küste	71°25′N.	720m	0°,2	6°,4	—3°,9	2°,3
Norwegen im Innern	61° 2 -	1560	4°,2	16°,3	—4°,5	7°,6
Kamtschatka	56°40 -	1600	2°,0	12°,6	—6°,9	3°,7
Altai	50° -	2144	7°,3	16°,8	—1°,4	8°,1
Alpen	45°75 -	2708	11°,2	18°,4	-4°,6	3°,2
Kaukasus (Elbruz)	43°21 -	3372	13°,8	21°,6	-3°,9	2°,8
Pyrenäen	43° -	2728	15°,7	24°,0	-0°,4	6°,7
Ararat	39°42 -	4433	17°,4	27°,6	-7°,1	1°,1
Himaláya (süd. Abh.)	31° -	3956	20°,2	25°,7	-2°	7°,2
Mexico	19°15 -	4500	25°,0	27°,8	10,6	2°,2
Abyssinien	13°10 -	4287	. .	. .	. . .	. .
Sierra Nevada de Merida	8° 5 -	4550	27°,2	2[illegible]	[illegible]	2°,5
Cordilleras von Quito	0° 0 -	4824	27°,7	25°,[illegible]	[illegible]	1°,[illegible]
Cordilleras von Chili	15° S.	4853	. .	. .	. . .	.
Chili, Andes der Küsten	42°30 -	1832	. .	. .	. . .	.
Magelhaenstrasse	53-54° -	1130	5°,4	10,[illegible]	4°,[illegible]	3°,7

39. *Gletscher.*

Aus den Schneemassen der Hochgebirge entstehen unter Umständen zusammenhängende Eismassen von eigenthümlicher Beschaffenheit, die man Gletscher nennt. Sie erstrecken sich meist von der unteren Grenze des ewigen Schnees als [illegible]mäfsige, weifse Streifen in den Gebirgsthälern des kalten und

gemäfsigten Zone bis zu einer bedeutenden Tiefe herab. Die Schneemassen der Hochgebirge werden teils durch ihr eigenes Gewicht, teils durch Winde und Lawinen über die Abhänge der Berge in die Querthäler hinabgedrängt. Hier in den niederen Gebirgsgegenden werden diese Schneemassen, die sich im Winter noch durch Schnee aus der Atmosphäre vermehren, in der wärmeren Jahreszeit zum Teil geschmolzen. Das an der Oberfläche während des Tages gebildete Schmelzwasser dringt nun tiefer zwischen die einzelnen Schneekrystalle ein und verbindet sich beim nachherigen Frost (in der nächstfolgenden Nacht) mit den Schneeflocken, wodurch diese in Körner von durchsichtigem Eise verwandelt werden. Durch erneuerte Einwirkung der Sonne schmelzen die kleineren Eiskörner wieder und vergröfsern durch nachmaliges Gefrieren die gröfseren, indem sich ihr Schmelzwasser mit den letzteren verbindet. Durch Wiederholung dieses Vorganges bilden sich immer gröfsere Eiskörner, die allmählich in einander greifen und so eine mehr oder weniger zusammenhängende Eismasse bilden, welche durch neues in die Zwischenräume eindringendes und hier gefrierendes Schmelz- und Regenwasser immer kompakter und in ihrer Beschaffenheit dem gewöhnlichen Eise ähnlicher wird. Je höher man steigt, desto kleiner erscheinen die Eiskörner, aus denen das Gletschereis sich bildet, so dafs sie in einer gewissen Höhe ungefähr die Gröfse von Erbsen zeigen. Hier bildet die Oberfläche der Gletscher nicht mehr eine kompakte, sondern eine lockere Masse, die man Firn nennt. Diese Firnmasse, welche sich beim Herabsenken in Gletschereis verwandelt, entsteht auf die angegebene Weise aus dem Schnee.

Die Gletschermasse bewegt sich, zuverlässigen Beobachtungen zufolge, langsam ihrem tiefsten oder vorderen Rande zu. Da nun hier das Eis durch Abschmelzen sich vermindert, so kann der Gletscher, wie man sagt, wachsen oder scheinbar zurückgehen, je nachdem die thalabwärtsgehende Bewegung das Abschmelzen oder dieses jene übertrifft. Die jährliche Bewegung des Aargletschers beträgt nach Agassiz 220', und Hugi giebt das Vorschreiten des Grindelwaldgletschers, Ende August 1842, in 24 Stunden zu 12 bis 14 Zoll an. Die Geschwindigkeit der

Bewegung steht mit der äufseren Temperatur in nächster Beziehung, da sie am Tage und im Sommer gröfser als in der Nacht und im Winter ist.

Gebirgsschutt und Felsblöcke, welche von den Thalwänden auf den Gletscher herabfallen, werden von diesem weiter geführt und bilden dann wallartige Erhöhungen oder Schuttwälle, (Gandecken, Moränen). Solcher Schuttwälle giebt es in der Regel zwei, die den Gletscher seiner ganzen Länge nach auf beiden Seiten begleiten. Bei der Vereinigung zweier Gletscher, welche aus verschiedenen Hochthälern in einem tieferen Thale zusammenkommen, verbinden sich auch die einander zugewandten Schuttwälle, so dafs nun eine von den beiden Thalwänden entferntere Mittelmoräne entsteht. Aller Schutt aber, der das vordere Gletscherende erreicht, fällt hier herunter und bildet daselbst gleichfalls einen Schuttwall, eine sog. Endmoräne. — Gröfsere Felsblöcke, welche auf der Oberfläche des Gletschers liegen, halten die Wärmestrahlen von dem Eise ab, das sie bedecken, während die umliegende Gletschermasse sich durch das Abschmelzen vermindert. So kommt der Felsblock allmählich auf eine mehr oder weniger hohe Eissäule zu liegen und es entsteht ein sogenannter Gletschertisch.

Die Ursache des Fortrückens der Gletscher ist zunächst die Schwere, indem die Eismasse auf ihrer Grundlage wie auf einer schiefen Ebene herabzugleiten strebt. Der abwärtswirkende Druck ist natürlich abhängig von der Neigung der Bodenfläche und vom Gewichte der aufliegenden Eismasse, und die Geschwindigkeit der Bewegung überdies noch von der Menge des am Boden abschmelzenden Eises. Aus dem letzteren Umstande erklärt sich z. T. auch die Abhängigkeit der Bewegung von der Temperatur. Die Ursachen aber, welche das Abschmelzen an der unteren Fläche des Gletschers bewirken, sind nach Merian das von aufsen in die Klüfte des Gletschers eindringende Wasser, die eindringende warme Luft, die Wärme des Erdbodens, und endlich die Quellen, die unter dem Gletscher entspringen. Andere sehen die Ursache der Gletscherbewegung vorzugsweise in dem Schmelzwasser, das zahllose feine Haarspalten nach allen Richtungen durchsetzen, und während es hier gefriert, durch seine ausdehnende Gewalt den Gletscher abwärts bewegen soll. Hiergegen lassen sich jedoch einige triftige Bedenken erheben (s. u. a. des Verf. Meteorologie S. 353). Indessen erkennt man, dafs diese Ansicht und die zuvor berührte sich nicht geradezu anschliefsen. Beeinflufst wird die

Gletscherbewegung noch besonders von den Druckwirkungen und den Verschiebungen der Eisteilchen. Aus verschiedenen in neuerer Zeit angestellten Versuchen hat sich ergeben, dafs das Eis einen nicht unbeträchtlichen Grad von Plasticität besitzt; daher die Gletschermassen sich den Thalformen anschmiegen. Ist die Temperatur des Eises und seiner Umgebung nahe dem Schmelzpunkte, so kann schon ein sehr geringer Druck, wenn er anhaltend wirkt, eine Verschiebung der Eisteilchen herbeiführen.*) Nach Beobachtungen über die Spaltenbildung der Gletscher bekundet ein Gletscher als ganzes die Eigenschaften einer dickflüssigen Masse, die sich gegen Druck plastisch, hingegen unter Einwirkung eines Zuges spröde verhält, indem sie zerreifst.**)

Aus Beobachtungen von Klocke und R. Koch geht hervor, dafs die Bewegung des Eises keineswegs eine gleichförmig abwärts gerichtete ist.***) Zwei demselben Querschnitte des Gletschers angehörige, 50 bis 60^{m} auseinander liegende Punkte können sich gleichzeitig ganz verschieden verhalten. Der eine kann sich heben, während der andere sich senkt, der eine zu Berg, der andere zu Thal wandern. Übrigens ist die Stärke der Bewegung von der mehr oder weniger intensiven Bestrahlung abhängig, wie Beobachtungen an Tagen mit mehr oder weniger bedecktem Himmel erkennen liefsen. Die Stärke der Bewegung nimmt im allgemeinen mit der Intensität der Bestrahlung zu.

Sechstes Kapitel.

Nähere Betrachtung der Erscheinungen, welche mit den Temperaturverhältnissen der Erdoberfläche und der Atmosphäre in besonderer Beziehung stehen.

A. Winde.

40. *Ursache der Winde.*

Von den Luftströmungen, die man Winde nennt, war bereits in unseren früheren Betrachtungen, so namentlich unter Nr. 32 im Hinblick auf die klimatischen Faktoren vielfach die

*) Über die Plasticität des Eises s. Fr. Pfaff: Sitzungsberichte der Erlanger naturw. Ges. VII, S. 72.

**) Vglch. Heim, Handbuch der Gletscherkunde, Stuttgart 1885. S. 191.

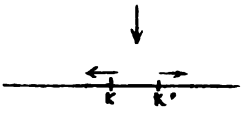
***) s. Das Ausland, red. von Fr. v. Hellwald, 1880. Nr. 22, S. 436.

Rede; wir wollen nun diese Strömungen als solche noch etwas näher ins Auge fassen. Dieselben haben ihre Ursache vornehmlich in der ungleichen Verteilung der Wärme auf der Erdoberfläche, insofern mit den thermischen Differenzen auch barische Differenzen d. h. Differenzen in Betreff des Luftdruckes verknüpft sind. Hierzu gesellen sich denn noch einige andere Faktoren, deren wir im Laufe unserer ferneren Betrachtungen gedenken werden. Gesetzt nun, die Sonne erwärme einen bestimmten Bezirk der Erdoberfläche stärker als seine Umgebung. Dann wird durch Rückstrahlung der Wärme von Seiten des Bodens auch die mit ihm in Berührung stehende Luftschicht eine Erwärmung erfahren, und zwar, wenn der Boden nicht überall dieselbe Beschaffenheit darbietet, in ungleichem Mafse. Einzelne Luftteilchen und Komplexe derselben, welche in Berührung mit dem Boden eine gröfsere Bewegungsenergie gewonnen haben, werden aufwärtssteigen, kältere hingegen herabsinken und sich unten ebenfalls erwärmen. Indessen werden auch emporgestiegene Luftteilchen durch ihren Zusammenstofs mit anderen in Betreff des ferneren Aufsteigens an Bewegungsenergie einbüfsen und wieder herabfallen. Allmählich erlangen jedoch die dem Boden näher befindlichen Luftschichten durchweg eine höhere Temperatur, sodafs sie demzufolge sich erheben und dabei einen Druck gegen die höher liegenden Schichten ausüben. Die Flächen gleichen Luftdruckes, im horizontalen Sinne parallel zur Erdoberfläche genommen, erheben sich über dem stärker erwärmten Bezirk.*) So wird über demselben der Luftdruck stärker als an anderen Stellen, die sich in gleichem Abstande von der Erdoberfläche befinden, aber weiter von jenem Bezirk entfernt sind. Nach diesen Stellen schwächeren Druckes fliefst die Luft über dem wärmeren Bezirk ab, so dafs hier der Luftdruck gegen die Erdoberfläche hin, eine Verminderung erfährt. Nun bedingt der Abfluſs der Luft in der Höhe einen unteren Strom nach dem stärker erwärmten Raume hin. Diese Strömungen werden so lange andauern, als die bezeichnete Temperaturdifferenz und die damit verknüpfte barische Differenz fortbesteht.

*) Vglch. Hann: Österr. Zeitschrift für Meteorologie 1879. S. 33.

Nehmen wir ferner, gewissermafsen als Gegenstück zu dem eben betrachteten Falle an, dafs ein bestimmter Raum der Erdoberfläche (*kk'* Fig. 9) stärker erkalte, als dessen weitere Umgebung. Dann werden dort die dem Boden zunächst befindlichen Luftschichten kälter und dichter; sie ziehen sich zusammen und veranlassen damit ein Herabsinken höher gelegener Schichten. Indem nun unten die kältere und dichtere Luft überall nach den Stellen geringeren Druckes hin abfliefst, senkt sich wärmere Luft herab, um die wegfliefsende zu ersetzen. Mit dieser abwärts gerichteten Bewegung werden aber oben seitliche, den unteren entgegengesetzte Luftströmungen verbunden sein.

Fig. 9.



Von den zuvor dargelegten Prinzipien läfst sich sofort eine Anwendung machen auf das Entstehen der Land- und Seewinde, die namentlich auf Inseln und in den Küstengegenden zwischen den Wendekreisen auffällig hervortreten, jedoch auf diese Zone nicht beschränkt sind. Am Tage, wo die Sonne das Land stärker erwärmt als das Wasser, erheben sich die Luftschichten über dem Lande. Der Luftdruck wird daselbst in einer gewissen Höhe stärker als über der See in gleichem Abstande von der Erdoberfläche; daher fliefst die Luft über dem Lande in der Höhe nach der See hin, wo demgemäfs der Luftdruck wächst. Dahingegen nimmt derselbe auf dem Lande ab, was weiterhin eine untere Luftströmung von der See nach dem Lande zu, d. h. den Seewind bedingt. Dieser Wind macht sich zunächst auf dem Meere an den Stellen, wo der Luftdruck vermöge des herabkommenden Stromes zunimmt, geltend, wie denn bereits Dampier bemerkte, dafs die Seebrise zuerst auf dem Meere beginnt und allmählich zur Küste hin fortschreitet. Des Nachts, wo der Boden durch Ausstrahlung der Wärme rascher und stärker erkaltet als das Meer, fliefst die wärmere Luft über dem letzteren in der Höhe nach dem Lande hin. Indem nun hier der Luftdruck wächst, über dem Meere aber abnimmt, entsteht eine untere Luftströmung vom Lande nach dem Meere hin, also ein Landwind, dessen Intensität bis zum Sonnenaufgange sich steigert. Der Seewind erreicht insgemein

zur Zeit der gröfsten Tageswärme das Maximum seiner Stärke. Der Übergang aus dem einen Wind in den anderen ist durch Windstille charakterisiert.*)

41. *Passatwinde.*

Diese Winde sind zunächst durch die stärkere Erwärmung der Äquatorialzone im Vergleich zu den mehr polwärts gelegenen Gegenden bedingt. Dort erheben sich die Flächen gleichen Luftdruckes, sodafs in der Höhe einen Überschufs an Druck in horizontalem Sinne resultiert. Der Druck nimmt ab in der Richtung vom Äquator nach dem Pol bezüglich der Orte, die in gleichem Abstande von der Erdoberfläche, aber in ungleicher Entfernung von jener Zone liegen. Daher fliefst die Luft oben in der Richtung vom Äquator nach dem Pole hin ab, womit sich denn ein unterer Strom in entgegengesetzter Richtung verknüpft. Nun gelangt der untere von N. nach dem Äquator fortschreitende Luftstrom allmählich zu Orten, deren Rotationsgeschwindigkeit von W. nach O. gröfser ist als die des Stromes, daher derselbe, indem er in seiner geringeren Drehungsgeschwindigkeit zu beharren strebt, westwärts zurückbleiben und somit als Nordostwind sich darstellen mufs. Auf gleiche Weise erhält der auf der südlichen Erdhälfte nach dem Äquator fortschreitende Luftstrom eine südöstliche Richtung.**) Man nennt diese beiden unteren Ströme die direkten Passate, in Bezug auf die Richtung aber den auf der nördlichen Erdhälfte herrschenden den Nordost-, und den auf der südlichen Hemisphäre waltenden den Südost-Passat.

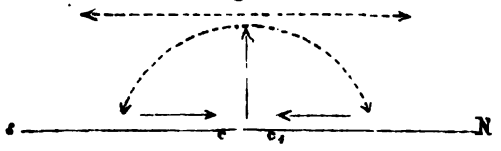
Der in der Höhe nach dem Pole hin abfliefsende Luftstrom, den man den oberen oder rückkehrenden Passat, wohl auch Antipassat nennt, hat, indem er von gröfseren zu kleineren Parallelkreisen fortschreitet, eine gröfsere Rotationsgeschwindigkeit als die Orte, zu welchen er successiv gelangt. Derselbe

*) Über See- und Landwinde vglch. ferner Blanford: Zeitschr. für Meteorologie Bd. XII; Chambers: ebenda Bd. XV; Hann, Handbuch der Klimatologie S. 101 ff.

**) Wir werden weiterhin auf die Bedeutung, welche die Erdrotation bezüglich der Bewegung eines Luftteilchens hat, ausführlicher zurückkommen.

eilt daher in der Richtung von W. nach O. voraus, und erhält demgemäfs auf der nördlichen Erdhälfte eine südwestliche,

Fig. 10.



auf der südlichen hingegen eine nordwestliche Richtung. Nun soll dieser Strom oder doch ein beträchtlicher Teil desselben bereits zwischen dem 30. und 40. Breitengrade zur Erdoberfläche herabkommen und hier infolge der Luftanhäufung ein Maximum des Luftdruckes bewirken. Allerdings findet sich dort ein solches Maximum, sodafs der Luftdruck weiter gegen die Pole hin abnimmt. Gewöhnlich reflektiert man in dieser Beziehung auf den Umstand, dafs der Raum zwischen den Meridianen der kugelförmigen Erde sich vom Äquator nach den Polen hin verengert und demnach das Bett des oberen Stromes, je weiter er sich vom Äquator entfernt, immer schmaler wird; daher denn dieser Strom in die Tiefe sinken müsse. Solches mag in der That teilweise geschehen, indem die Luftmassen, die den Strom bilden, in dem schmaler werdenden Bette sich seitlich zusammendrängen; jedoch wird damit nicht blos eine Tendenz zu einer absteigenden, sondern auch zu einer aufsteigenden Bewegung verknüpft sein. Jedenfalls läfst sich aus dem hervorgehobenen Umstande allein die Abnahme des Luftdruckes nach den Polen hin nicht erklären, da dieser Umstand ja auch in höheren Breiten zur Geltung gelangen müfste. Es werden daher wohl noch andere Momente hier wirksam sein. Nach Ferrel*) ist die Abnahme des Luftdruckes mit wachsender Breite in der durch die Erdrotation beeinflufsten Bewegung der Luft und in gewissen damit in causaler Beziehung stehenden Centrifugalkräften begründet, indem dieselben an bestimmten Stellen, so namentlich in der oben bezeichneten Zone eine Anhäufung von Luft und damit eine Vermehrung des Luft-

*) Meteorological Researches. Washington 1877 u. 1880. Vgl. dazu Sprung, Lehrbuch der Meteorologie. Hamburg 1885. S. 190 ff., S. 196 ff.

druckes bedingen Über diese Zone hinaus strömt noch Luft in der Höhe weiter polwärts, worauf wir später zurückkommen werden.

Die unteren Passate treten vornehmlich auf dem freien Meere (atlantischen und stillen Ocean) zu Tage, obwohl sie auch hier nicht überall mit gleicher Regelmäfsigkeit wehen. In dem heifsen Gürtel, welcher die unteren Passate der beiden Hemisphären, den Nordost- und Südost-Passat, von einander trennt, waltet häufig Windstille oder es machen sich daselbst veränderliche, von lokalen Verhältnissen abhängige Winde geltend. Man nennt diesen Gürtel gewöhnlich die Calmenzone. Die Lage und Grenzen dieser Zone (*cc'* Fig. 10) verändern sich mit der Declination der Sonne, sodafs sie während der nördlichen Declination nordwärts, während der südlichen dagegen südlich fortrückt, womit natürlich auch eine Veränderung der äufseren Grenzen jener Winde verbunden ist. Nach Ermittelungen von Horsburgh beträgt in Ansehung des atlantischen Oceans die Breite der Calmenregion im jährlichen Mittel 5°52', im Winter 3°20', im Frühling 4°2', im Sommer 8°5' und im Herbst 6°40'. Die äufsere Grenze des Nordostpassates liegt im Sommer in der Nähe der Azoren, im Winter südlich von den Canaren. Im stillen Ocean erstreckt sich die äufsere (Polar-) Grenze des bezeichneten Passates nach Kerhallet im Juli bis zu 31°43' nördl. Breite. Aus den Wahrnehmungen auf dem stillen Ocean kann man schliefsen, dafs hier die inneren Grenzen der beiden Passate geringere Veränderungen in der jährlichen Periode erfahren. Auch scheint hier die Calmenzone ziemlich symmetrisch auf beiden Seiten des Äquators zu liegen, während dieselbe im atlantischen Ocean fast das ganze Jahr hindurch auf der nördlichen Seite des Äquators bleibt. Übrigens darf man sich die Calmenzone nicht als einen stetig zusammenhängenden, um die ganze Erde sich herumziehenden Gürtel vorstellen.

Die Verschiebung der Calmenregion während der jährlichen Periode der Wärmeänderungen beträgt viel weniger als die Declination der Sonne sich ändert. In dem Mafse aber, als jene Region nach Nord oder Süd rückt, verändern sich auch die Grenzen und Lagen der Passate. Während nun hierbei manche Orte stets in dem Nordost- oder Südostpassat bleiben, werden andere wechselnd in die Region der Windstillen und in die

Zone des Passates aufgenommen (s. Fig. 10). Auch werden manche Orte wechselnd dem einen und dem anderen Passate ausgesetzt, während wieder andere Orte einen Teil des Jahres hindurch in dem einen der beiden Passate und in der übrigen Zeit ganz aufserhalb des Passatgebietes liegen. In letzterer Beziehung sei an die nördlichen Luftströmungen erinnert, welche an den Küsten des mittelländischen Meeres im Sommer herrschen. Dieselben sind dadurch bedingt, dafs das mittelländische Meer im Sommer in die Verlängerung des nördlichen Passates aufgenommen wird. Während unseres Sommers rückt die Region der Calmen und mit ihr die Passatzone am weitesten nach Norden, so dafs es eben nur die unten nach jener Region fliefsende Luft ist, welche als nördlicher Wind auf dem Mittelmeere zur Erscheinung kommt. Dagegen befindet sich dieses Meer im Winter, wo die Calmenregion weiter südwärts gelegen ist, aufserhalb der Passatzone.

42. *Monsunwinde.*

Auf dem indischen Ocean und im südlichen Asien (Indien) herrscht während der wärmeren Monate, von April bis Oktober, ein beständiger Südwestwind, während der übrigen Hälfte des Jahres aber ein Nordostwind, nämlich der Nordostpassat. Man nennt diese periodischen, mit den Jahreszeiten wechselnden Winde, die Monsune, d. h. eben Winde der Jahreszeiten. Nach Beobachtungen die Goldingham in Madras anstellte, dauert der NO.-Monsun vom 19. Oktober bis zum 2. März; sein Anfang variirt aber vom 29. September bis zum Beginn des November. Im Angarakandy an der Malabarküste fällt, nach Brown, der Anfang des SW.-Monsun im Mittel auf den 31. Mai, schwankt jedoch zwischen dem 20. Mai und 18. Juni. Diese Winde sind nun zuvörderst von dem thermischen Gegensatze zwischen Land und Meer bedingt. Bei zunehmender Mittagshöhe der Sonne steigert sich die Temperatur über dem asiatischen Kontinent bedeutend, so dafs die über demselben befindliche Luft erheblich aufgelockert wird; sie fliefst oben ab, was mit einer Verminderung des Luftdruckes und weiterhin mit einem Zuströmen feuchter Luft vom indischen Meere her verknüpft ist. Auf solche Weise entsteht der Regen bringende SW.-Monsun. Im

Herbst erkaltet der asiatische Kontinent; es stellt sich hier allmählich ein barometrisches Maximum und mit ihm der NO.-Monsun nach dem indischen Meere hin ein. Es verhält sich also mit den Monsunwinden auf ganz analoge Weise wie mit den Land- und Seewinden, nur dafs sich statt der thermischen Differenz zwischen Tag und Nacht diejenige zwischen der wärmeren und kälteren Jahreszeit geltend macht.

Auf der südlichen Hemisphäre findet sich in Australien bei südlicher Declination der Sonne ein Regen bringender NW.-Monsun.

43. *Windverhältnisse der aufsertropischen Zone.*

In der aufsertropischen Zone scheinen die Winde in der regellosesten Weise zu wechseln. Indessen hat sich aus einer von Dove vorgenommenen Zusammenstellung vieler Beobachtungen, welche die Veränderung der Windrichtung in der nördlichen gemäfsigten Zone betreffen, ergeben, dafs der Wind im Mittel auf eine bestimmte Weise, wennschon innerhalb sehr verschiedener Zeiträume, durch sämtliche Punkte der Windrose hindurchgeht. Der Wind dreht sich in der genannten Zone mit der Sonne, d. h. im Sinne N. O. S. W. N. durch die Windrose. Die theoretische Erklärung, welche Dove von dieser Regel, die man gewöhnlich das Drehungsgesetz des Windes nennt, gab, stützt sich auf die Annahme zweier Hauptluftströme, deren einer vom Äquator nach dem betreffenden Pole, der andere im entgegengesetzten Sinne gerichtet ist. Beide Ströme fliefsen zwischen den Wendekreisen übereinander, aufserhalb derselben aber in veränderlichen Betten nebeneinander. Während zwischen den Wendekreisen die Luftmenge, welche unten nach dem Äquator fliefst, compensiert wird durch einen entgegengesetzten Strom in der Höhe, halten in der gemäfsigten Zone die nebeneinander fliefsenden Ströme sich das Gleichgewicht dergestalt, dafs das, was innerhalb eines Jahres über gewisse Stellen eines Parallelkreises dem Pole zufliefst, über andere Stellen desselben Parallels zum Äquator zurückkehrt. Das einseitige Vorwalten eines dieser Ströme an einem bestimmten Orte bewirkt daselbst extreme Temperaturverhältnisse, wogegen das wechselnde Verdrängen des einen durch den anderen den Wechsel der Witterung in der

aufsertropischen Zone bedingt. Aus dem Wechsel beider Ströme an demselben Orte sollen denn auch unter dem Einfluſs der Erdrotation die Veränderungen der Windrichtung resultieren. So vollzieht sich die Drehung des Windes von O. durch SO. nach S. vermöge der Verdrängung des östlich abgelenkten Polarstromes durch den von oben herabkommenden Äquatorialstrom und die Drehung des Windes von W. durch NW. nach N. infolge der Verdrängung des westlich abgelenkten Äquatorialstromes durch den zunächst unten einfallenden Polarstrom. Ferner sind die Winde zwischen N. und O. Folgen der Ablenkung des Polarstromes durch die Erdrotation und die Winde zwischen S. und W. Folgen der Ablenkung des Äquatorialstromes durch die Erdrotation. Der von N. nach S. fortschreitende Polarstrom kommt von kleineren Parallelkreisen zu gröſseren, also von Orten geringerer Rotationsgeschwindigkeit zu Orten gröſserer Rotationsgeschwindigkeit, und erhält daher immer mehr eine östliche Richtung oder geht durch NO. in O. über. Dahingegen hat der von S. nach N. fortschreitende Äquatorialstrom eine gröſsere Rotationsgeschwindigkeit von W. nach O. als die Orte der Erdoberfläche, zu denen er allmählich gelangt. Darum wird die südliche Windrichtung allmählich südwestlich und endlich ganz westlich. Sonach rührt der SW. resp. W. von südlicher gelegenen Gegenden her als der eigentliche Südwind. Ganz analoges gilt für den Polarstrom. Da derselbe durch die Rotation der Erde umsomehr östlich abgelenkt wird, je weiter von N. er herkommt, so muſs der NO. von weiter nördlich gelegenen Orten herstammen als der eigentliche Nordwind. — Das zuvor Dargelegte bezieht sich auf die nördliche Hemisphäre. Hier dreht sich also der Wind im Mittel, wenn Polar- und Äquatorialströme miteinander wechseln, im Sinne N. O. S. W. N. durch die Windrose. Auf der südlichen Hemisphäre dreht sich der Wind im entgegesetzten Sinne, wie ohne weiteres erhellt, wenn man den Gegensatz der Richtungen beachtet, welcher in Betreff des Polar- und Äquatorialstromes rücksichtlich beider Hemisphären stattfindet. Dove betrachtet nun ferner die Windverhältnisse der Tropen als den einfachsten Fall des Drehungsgesetzes. Wo nämlich in der Tropenzone nur Polarströme an der Oberfläche herrschen, da giebt es keine vollständige Drehung.

sondern nur eine der Entfernung des Beobachtungsortes von der äufseren Grenze des Stromes proportionale unveränderte Ablenkung. Dies sind die Passate. Wo aber in der tropischen Zone, durch die eigentümliche Verteilung des Festen und Flüssigen, im Jahre einmal ein südlicher Strom mit einem nördlichen abwechselt, giebt es nur eine Drehung im ganzen Jahr. Dies sind die Monsune. Wo endlich, wie in den gemäfsigten und wahrscheinlich auch kalten Zonen, Äquatorialströme fortwährend mit Polarströmen wechseln, da dreht sich der Wind im Mittel, und zwar öfters in einem bestimmten Sinne durch sämtliche Punkte der Windrose. Hervorzuheben ist noch, dafs Dove den Einfluſs der Erdrotation auf längs der Erdoberfläche sich hin bewegende Luftteilchen nur für den Fall gelten läfst, wo dieselben verschiedene Breitenkreise durchschneiden. Erhält dagegen die Luft irgendwie ein Bestreben, in einem Parallelkreise zu fliefsen, so wird die Drehung der Erde durchaus keinen Einfluſs auf sie äufsern, weil die Punkte der Oberfläche, zu welchen die strömende Luft gelangt, genau dieselbe Drehungsgeschwindigkeit haben, als die Punkte, welche sie verlassen hat.*)

Es konnte nicht ausbleiben, dafs die Dove'sche Theorie von der Mehrzahl der damaligen Meteorologen beifällig aufgenommen wurde, indem sie dem Anschein nach gestattete, die Windverhältnisse der verschiedenen Erdzonen von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus aufzufassen. Die regelmäfsigen Winde der Tropenzone: die Passate und Monsune, wie die mehr verwickelten Windverhältnisse der gemäfsigten Zone erschienen als die notwendigen Folgen derselben physikalischen Grundbedingungen. Indessen mufste bei einiger Erwägung auch das in mehrfacher Beziehung Unzulängliche der Dove'schen Theorie im Hinblick auf die Gesamtheit der zu erklärenden Erscheinungen alsbald zu Tage treten. Gleichwohl glaubte man den Kardinalpunkt dieser Theorie festhalten zu können, nämlich die Annahme zweier Hauptluftströme, eines Polar- und eines Äquatorialstromes, deren Wechsel im grofsen und ganzen die Witterungsverhältnisse der

*) Zu Gunsten dieser Ansicht ist neuerdings noch Benoni aufgetreten. Vglch. Petermanns geogr. Mitteilungen Bd. 23, S. 95.

aufsertropischen Zone bedingen sollten. Doch hat schon Dove selbst seine Theorie, wie Supan*) bemerkt, zum Teil durchbrochen, indem er die winterlichen NW.-Winde von Nordamerika durch den Gegensatz des erkalteten Landes und des benachbarten, wärmeren atlantischen Oceans erkläre. Damit sei aber auch ausgesprochen, dafs die Aspiration nicht blos in der Richtung der Meridiane, sondern auch in der Richtung der Parallelkreise wirken könne. Wir fügen dem noch hinzu, dafs Dove die gegen Ende Juni in Deutschland beginnende Regenzeit vornehmlich in dem Temperaturgegensatze des atlantischen Oceans und des stärker erwärmten europäischen Kontinents begründet sah, da die kühlere feuchte Luft über dem ersteren in die durch die Wärme aufgelockerte über dem letzteren eindringen müsse. Weiterhin erhob Hann**) gegen die Dove'sche Theorie das Bedenken, dafs der feuchte Südstrom resp. Südwestwind der nördlichen gemäfsigten Zone nicht aus der äquatorialen Calmenzone stammen könne. Denn der Äquatorialstrom müsse bei der niedrigen Temperatur, die ihm in den hohen Regionen über dem unteren Passat eigne, einen so geringen Dampfgehalt haben, dafs er auf die Erde herabsinkend ohne Wasserzuschufs von unten nur mit grofser relativer Trockenheit anlangen könnte. Sollten aber die reichlichen Niederschläge, welche die SW.- und Westwinde bringen, von den Wasserdämpfen herrühren, die der von der Calmenzone herfliefsende Äquatorialstrom mit sich führt, so müfste derselbe den Himmel der Passatzone mit einer dichten, finsteren Cirrostratusschicht bedecken, während doch umgekehrt der Passatgürtel zu den heitersten Regionen der Erde zählt. Andere Schwierigkeiten fand man in Anbetracht der häufigen Windstillen in der gemäfsigten Zone und namentlich im Hinblick auf die Wirbelstürme. Sodann findet die Drehung des Windes in der aufsertropischen Zone, nach Beobachtungen, die bezüglich der Polargegenden vorliegen, hier nicht, wie es die in Rede stehende Theorie eigentlich verlangt, mit der Sonne, sondern vielmehr im entgegengesetzten Sinne statt. Aufserdem weisen wir noch auf ein

*) Statistik der unteren Luftströmungen. Leipzig 1881. S. 9.
**) Österr. Zeitschrift für Meteorologie Bd. IX.

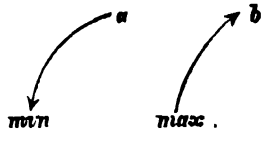
anderes Bedenken hin, welches sich erhebt, wenn man auf die Ursache des Wechsels oder des gegenseitigen Verdrängens der beiden Hauptluftströme, des Polar- und Äquatorialstromes reflektiert. Man mufs wohl in dieser Beziehung vornehmlich an die von der Verteilung des Festen und Flüssigen abhängige ungleiche Verteilung der Wärme auf der Erdoberfläche und die damit verknüpften barischen Differenzen denken. Dieser Umstand tritt indefs bei genauerer Erwägung dergestalt in den Vordergrund, dafs die aus der ungleichen Verteilung des Luftdruckes resultierenden Strömungen der Atmosphäre in Betreff der aufsertropischen Zone als die vornehmsten Bedingungen der Witterungsverhältnisse erscheinen. Dies führt uns zu einer anderen Ansicht über die Windverhältnisse der eben genannten Zone, zu einer Ansicht, die absieht von der Annahme zweier Hauptluftströme, welche in entgegengesetzten Richtungen nebeneinander fliefsen und sich in der oben charakterisierten Weise wechselnd verdrängen sollen, während sonst beide Ansichten, die ältere und die neuere, einige gemeinsame Berührungspunkte darbieten. Auch ist der der älteren Theorie inwohnende Gedanke, dafs die den Polen zufliefsende Luft wieder zu den Wendekreisen zurückkehren müsse, nicht schlechthin zu verwerfen.

44. *Neuere Theorie der Windverhältnisse.*

Die neuere Theorie der Windverhältnisse, deren wir im Hinblick auf die aufsertropische Zone gegen das Ende der vorigen Nr. gedachten, stützt sich zuvörderst auf das Gesetz, dafs die Luft das Bestreben hat, längs der Erdoberfläche von Orten gröfseren Druckes nach Orten geringeren Drucke zuströmen. Diese Bewegung vollzieht sich aber unter dem Einflufs der Erdrotation, die es mit sich bringt, dafs ein nach irgend einer Richtung in Bewegung gesetztes Luftteilchen auf der nördlichen Erdhälfte nach rechts, auf der südlichen hingegen nach links abgelenkt wird. Demzufolge bewegen sich die Luftteilchen nach einem Orte relativ niedrigen Druckes oder nach einem barometrischen Minimum hin in krummen (spiralförmigen) Linien, und zwar nach einer Richtung, welche der

Drehungsrichtung eines Uhrzeigers entgegengesetzt ist (Fig. 11, a.). Von einem barometrischen Maximum fliefsen die Luftteilchen hinweg, ebenfalls in krummen Linien, jedoch in Übereinstimmung mit der Drehungsrichtung eines Uhrzeigers (Fig. 11, b). Die eben dargelegten Verhältnisse gelten für die nördliche Hemisphäre. Auf der südlichen krümmen sich die Windbahnen rücksichtlich der beiden hervorgehobenen Fälle im entgegengesetzten Sinne. Man pflegt nun die Bewegung der Luftteilchen um ein barometrisches Minimum als cyklonische Bewegung zu bezeichnen, hingegen die von einem barometrischen Maximum aus erfolgende als anticyklonische Bewegung.

Fig. 11.

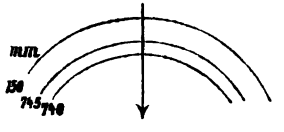


Was die Beziehung der Windrichtung zur Lage des barometrischen Minimum oder Maximum betrifft, so hat sich folgende Regel ergeben: Wendet man nämlich dem Winde den Rücken zu, so liegt der relativ niedrigste Luftdruck zur Linken und etwas nach vorn, der höchste Luftdruck dagegen zur Rechten und etwas nach hinten. Dies gilt für die nördliche Erdhälfte. Auf der südlichen hat man, wenn man dem Wind den Rücken zukehrt, den niedrigsten Luftdruck zur Rechten und etwas nach vorn, den höchsten dagegen zur Linken und etwas nach hinten. Man nennt diese Regel gewöhnlich das Buijs-Ballot'sche Gesetz, weil sie von dem holländischen Physiker Buijs-Ballot zuerst mit der nötigen Präzision ausgesprochen wurde. Erkannt war sie bereits früher von Galton, von Erman und von Dippe.

Die Verteilung des Luftdruckes auf der Erdoberfläche läfst sich auf analoge Weise wie die Verteilung der Wärme durch ein System von Linien veranschaulichen. So kann man sich rücksichtlich eines bestimmten Gebietes alle Orte, die zu einer gewissen Zeit gleichen Luftdruck haben, durch eine Linie miteinander verbunden denken. Man erhält dann eine sog. isobarische Linie oder kurz, eine Isobare, d. h. eine Linie gleichen Luftdruckes. Um indefs die an verschiedenen Orten beobachteten Barometerstände, durch welche der Luftdruck gemessen wird, miteinander vergleichbar zu machen, pflegt man

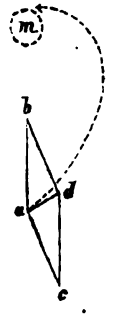
dieselben auf den Meeresspiegel zu reduzieren. Es ist nun ohne weiteres ersichtlich, dafs innerhalb einer Isobare keine Ursache zu einer Luftströmung vorliegt, da ja alle Orte einer solchen Linie gleichen Luftdruck darbieten. Die gröfsten Unterschiede des Luftdruckes finden sich in einer zur Isobare senkrechten Richtung. Man nennt diese Richtung den barometrischen Gradient, der für den Fall, dafs die Isobaren concentrische Kreise bilden (Fig. 12), mit deren Radien zusammenfällt. Die Stärke des Windes ist abhängig von der Gröfse des Gradienten, die man durch die Anzahl Millimeter ausdrückt, um welche die den Luftdruck messende Barometerhöhe abnimmt, wenn man im Sinne des Gradienten eine Strecke zurücklegt, die 1 Grad des Erdäquator, also 15 geogr. Meilen beträgt. Im allgemeinen ist der Wind um so stärker, je dichter die Isobaren aneinander liegen, und dies trifft um so mehr zu, je tiefer das barometrische Minimum ist. Um die barometrische Maxima liegen die Isobaren im allgemeinen weniger dicht als um die barometrische Minima.

Fig. 12.



Die Luft müfste nun im Sinne des Gradienten von Punkten gröfseren Druckes zu Punkten geringeren Druckes strömen, wenn nicht die Erdrotation eine Ablenkung der in Bewegung gesetzten Luftteilchen von der Richtung des Gradienten bedingte. Infolge dieser Ablenkung bewegen sich die Luftteilchen, wie bereits hervorgehoben ist, in krummen Linien zu einem barometrischen Minimum hin und von einem barometrischen Maximum hinweg. In Fig. 13 bezeichne die Gerade *ab* die Richtung des Gradienten und die Länge dieser Geraden zugleich die Gröfse der Kraft, womit das in *a* befindliche Luftteilchen nach einem barometrischen Minimum *m* hingetrieben wird. Nun resultiert auf der nördlichen Hemisphäre aus der Erdrotation eine Ablenkung des Luftteilchens nach rechts. Man kann die hier in Betracht kommende Kraft der Ablenkung durch die Linie *ac* darstellen, welche auf der vom Luftteilchen wirklich beschriebenen Bahn senkrecht

Fig. 13.



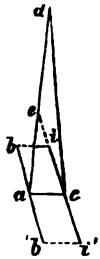
steht. Unter gleichzeitiger Einwirkung beider Kräfte bewegt sich das Luftteilchen von *a* nach *d*. Da indefs beide Kräfte, so lange das barometrische Minimum besteht, unausgesetzt fortwirken, so mufs sich dieses Teilchen in einer krummen Bahn dem besagten Minimum nähern. Zu der Erdrotation gesellt sich als ablenkender Faktor noch die Centrifugalkraft. Bekanntlich hat ein in krummliniger Bewegung begriffener Körper in jedem Punkte seiner Bahn das Bestreben, nach der Richtung der betreffenden Tangente weiter zu gehen. Ist er aber genötigt, in krummliniger Bewegung zu verharren, so übt er von innen nach aufsen, normal gegen seine Bahn einen Druck aus, indem er in dieser Richtung auszuweichen sucht. Im vorliegenden Falle wirken also die beiden ablenkenden Kräfte in gleichem Sinne, daher die Linie *ac* (Fig. 13) als Inbegriff beider Kräfte angesehen werden kann. Die Gröfse der Centrifugalkraft ist bekanntlich dem Quadrat der Geschwindigkeit, womit der Körper sich in seiner krummen Bahn bewegt, direkt proportional, hingegen umgekehrt proportional dem Krümmungshalbmesser der Bahn. Man hat daher, wenn die Geschwindigkeit mit v, der Krümmungshalbmesser mit r und die Masse des Körpers mit m bezeichnet wird, für die Gröfse der Centrifugalkraft den Ausdruck $\frac{mv^2}{r}$. Diese Kraft ist demnach unter sonst gleichen Umständen um so gröfser, je stärker die Krümmung der Bahn ist. — Die zuvor gegebene Erörterung gilt im wesentlichen auch für die Bewegung der Luftteilchen um ein barometrisches Maximum; nur ist hier die Bewegung, wie wir bereits wissen, nach aufsen, von dem Maximum hinweg gerichtet. Auch erfährt hier die von der Erdrotation herrührende Ablenkung der Luftteilchen eine Beeinträchtigung von seiten der Centrifugalkraft, was zur Folge hat, dafs die Luftteilchen weniger von der Richtung des Gradienten abgelenkt werden.*)

Bevor wir in unserer Betrachtung über die Windverhältnisse der aufsertropischen Zone weiter fortschreiten, wollen wir die Ablenkung, welche längs der Erdoberfläche sich hin bewegende Luftteilchen durch die Erdrotation erfahren, noch etwas näher

*) Vglch. Mohn, Grundzüge der Meteorologie. Berlin 1882. S. 223 ff.

ins Auge fassen, und zwar unter Bezugnahme auf eine von Buff*) gegebene Demonstration, welche weiterhin von Zöppritz**) in eine andere Form gebracht und auch in einem gewissen Punkte ergänzt wurde. Wir wissen, dafs die Rotationsgeschwindigkeit auf verschiedenen Breitenkreisen ungleich ist. Jeder Körper an der Erdoberfläche hat aber die Rotationsgeschwindigkeit des Breitenkreises, auf dem er in Ruhe verweilt. Es werde nun ein solcher Körper nach irgend einer Richtung hin in Bewegung gesetzt, dergestalt, dafs er in gerader horizontaler Bahn, frei von lokalen Hindernissen, fortschreitet. In Fig. 14 stelle a den Anfangspunkt und die Linie ab die Richtung und Geschwindigkeit der in Rede stehenden Bewegung dar. Nach Verlauf einer Sekunde nehme der Körper infolge der Erdrotation die Stelle c ein, welche dem durch a gehenden Parallel- oder Breitenkreise angehört. Demnach ist ac die Drehungsgeschwindigkeit in der betreffenden Breite. Ferner sei die Linie ad eine im Punkte a an dessen Mittagskreis gezogene Tangente, also die Nordlinie, welche die Erdaxe im Punkte d durchschneidet und nach einer Sekunde wegen der Erdrotation die Lage cd hat. Inzwischen kam der Körper auf seiner Bahn von a nach b, sodafs sich derselbe nach einer Sekunde in i befindet, da die Bahn ab parallel mit sich selbst fortgerückt ist und am Ende der Sekunde in ci liegt. Nun ist der Winkel bae gleich dem Winkel aei und dieser gleich der Summe der beiden gegenüberliegenden Winkel im Dreieck ced, also $bae = aei = adc + ecd$, folglich Winkel bad gröfser als Winkel icd, woraus zu entnehmen ist, dafs die Bahn des bewegten Körpers infolge der Erdrotation eine Schwenkung nach rechts vollzieht. Dasselbe stellt sich heraus, wenn man ab' als Bewegungsbahn des Körpers annimmt. Es gilt überhaupt für jede beliebige Richtung, dafs nämlich die Bahn des bewegten Körpers infolge der Erdrotation nach rechts gedreht wird. Auf der südlichen Erdhälfte dreht sich die Bahn nach links. Der Betrag, um welchen die freie geradlinige Bewegungsbahn eines Körpers in jeder Sekunde auf der Nordseite des Äquators nach rechts, auf der Südseite nach links abgelenkt wird, entspricht der Gröfse des Winkels $adc = \delta$, den die Tangente an a infolge des Fortschreitens

Fig. 14.

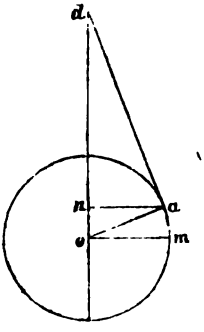


*) Annalen der Chemie u. Pharm. Supplementbd. 4, S. 207. Vglch. auch Buff, Lehrbuch der physikalischen Mechanik. Braunschweig 1874. T. I, S. 18.

**) Verhandlungen des 2. deutschen Geographentages. Berlin 1882, S. 47 f. — Bezüglich des ablenkenden Einflusses der Erdrotation vglch. ferner Sprung: Meteorol. Zeitschrift. Jahrg. 1, S. 250.

des Punktes a nach c in den beiden Lagen ad und cd bildet. Dieser Winkel läfst sich mittelst des Bogens ac bestimmen, den man in Anbetracht seiner Kleinheit nicht nur dem betreffenden Breitenkreise, sondern auch einem Kreise vom Halbmesser $ad = cd$ zurechnen kann. In Fig. 15 sei nun die Kreislinie der Meridian des Punktes a (Fig. 14), ad die Nordlinie, und der Winkel $aom = ado = \beta$ die geogr. Breite des Punktes a. Man hat

Fig. 15



$$\sin \beta = \frac{an}{ad}.$$

Ferner folgt im Hinblick auf die Kleinheit des Bogens ac (Fig. 14)

$$\delta : ac = an : ad,$$

also $$\delta = ac \cdot \frac{an}{ad} = ac \sin \beta.$$

Setzt man für ac die Winkelgeschwindigkeit der Erde, nämlich $\omega = \frac{2\pi}{t}$, wo $t = 86164$ Sekunden die Dauer eines Sterntages bedeutet, so ist

$$\delta = \omega \sin \beta = \frac{2\pi \sin \beta}{86164}.$$

Was man Winkelgeschwindigkeit nennt, findet sich überhaupt bei einem System materieller Punkte, das sich um eine feste Axe dreht. Alle aufserhalb derselben liegenden Punkte beschreiben Kreise, die auf der Axe senkrecht stehen. Die von zwei Punkten gleichzeitig beschriebenen Bogen sind, wie ohne weiteres erhellt, einander ähnlich und enthalten gleich viel Grade. Nun verhalten sich die absoluten Geschwindigkeiten dieser Punkte, wie ihre Abstände von der Drehungsaxe, und die Winkelgeschwindigkeit des Systems ist eben die absolute Geschwindigkeit der Punkte, deren Abstand von der Axe gleich der Einheit ist. Bezeichnet man diese Geschwindigkeit, die eine allen Punkten gemeinsame Gröfse ist, mit ω, so hat man für die absolute Geschwindigkeit eines beliebigen Punktes, dessen Abstand von der Axe $= r$, den Ausdruck ωr. Ferner ist für einen Kreis vom Halbmesser r der Umfang $= 2\pi r$, und daher, wenn man die Rotationsgeschwindigkeit mit v und die Umdrehungszeit mit t bezeichnet, $2\pi r = vt$ und $v = \frac{2\pi r}{t}$, also bezüglich der Erde $v = \frac{2\pi r}{86164}$.

Der oben erhaltene Betrag der Ablenkung δ gilt für eine Sekunde. In Anbetracht einer beliebigen Anzahl t von Sekunden und unter Beachtung des Umstandes, dafs die Ablenkungsgröfse

mit der Länge des Weges wächst, welchen der in fortschreitender Bewegung begriffene Körper zurücklegt, ergiebt sich, wenn man die Geschwindigkeit desselben mit c bezeichnet, für die Ablenkung u der allgemeine Ausdruck

$$u = \omega \cdot c \cdot \sin \beta \cdot t^2.$$

Demnach ist die Ablenkung, welche ein längs der Erdoberfläche sich hinbewegender Körper durch die Erdrotation erfährt, dem Sinus der geographischen Breite proportional, also in höheren Breiten erheblicher als in niederen, so dafs sie unter dem Äquator ganz wegfällt.

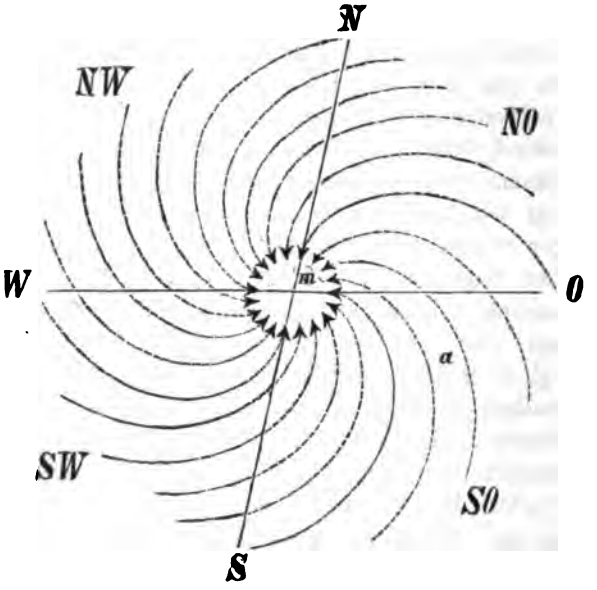
Was nun ferner die Witterungsverhältnisse der aufsertropischen Zone betrifft, so hängen dieselben vornehmlich von den oben besprochenen barometrischen Maximis und Minimis, insbesondere von den letzteren ab, die sich samt dem zugehörigen Windsystemen zu verschiedenen Zeiten mit sehr ungleicher Geschwindigkeit fortbewegen und allmählich verschwinden. Manche Minima resp. Cyklonen bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von 25 Meter in der Sekunde oder von 90 Kilometer in der Stunde fort, wogegen auch manchmal ein Minimum mehrere Tage hindurch über einer Gegend verweilt. Für die über Europa hinziehenden Minima beträgt die mittlere Geschwindigkeit etwa 600 Kilometer pro Tag. Im Winter ist die Geschwindigkeit gröfser als im Sommer, was nicht allein für Europa, sondern auch für Amerika gilt. Insgemein bilden sich auch im Winter tiefere Minima und im Innern der Kontinente stärkere Maxima des Luftdruckes als zur Zeit des Sommers. Wie die Geschwindigkeit, so ist auch die räumliche Ausdehnung der Maxima und Minima zu verschiedenen Zeiten sehr ungleich. Indessen haben die barometrischen Maxima gewöhnlich einen gröfseren Umfang, hingegen eine langsamere Bewegung als die barometrischen Minima. Jene verweilen länger in der Gegend, wo sie entstanden sind.

Es ist nun leicht ersichtlich, dafs ein barometrisches Minimum durch die einströmende Luft, die es auszufüllen sucht, bald verschwinden müfste, wenn nicht besondere Ursachen entgegenwirkten. Das längere Fortbestehen eines Minimums erfordert, dafs innerhalb desselben die Luft sich erhebt und oben seitlich abfliefst. Dieser seitliche Abfluſs kann durch ein Gebiet höheren Luftdruckes begünstigt werden, indem hier Luft aus der

Höhe herabsinkt, um die unten wegströmende zu ersetzen. Ist nun in der Höhe ein Luftstrom vom barometrischen Minimum nach dem barometrischen Maximum hin gerichtet, so wird unter dessen Einfluſs jenes eine gröſsere Tiefe gewinnen.

Es liegt nahe, mit dem Aufsteigen der Luft im barometrischen Minimum und ihrem Abflusse in der Höhe die Fortpflanzung des Minimums in Beziehung zu bringen. Nachstehende Figur stelle den horizontalen Querdurchschnitt eines Minimum

Fig. 16.



mit dem zugehörigen Windsystem, also den Querdurchschnitt einer Cyklone dar. Der Pfeil WO bezeichne die Fortpflanzungsrichtung des Centrums von West nach Ost. Wir denken uns mit Mohn*) die Cyklone in zwei Hälften geteilt, in eine Vorderseite zwischen *m* und *O*, und eine Rückseite zwischen *m* und *W*. Nun erhält die Vorderseite Winde aus südlichen Gegenden. Diese Winde sind relativ warm und reich an Wasserdampf; sie werden daher gegen das Centrum der Cyklone hin leicht auf-

*) Grundzüge d. Meteorologie S. 260.

steigen, dabei aber sich abkühlen, sodafs der Wasserdampf, den sie mit sich führen, eine Kondensation erfährt. Die damit verknüpfte Wärmeentwickelung mäfsigt indefs die Temperaturabnahme nach der Höhe und begünstigt die aufsteigende Bewegung der Luft. Auf solche Weise verschiebt sich das barometrische Minimum nach O hin, während es auf der Rückseite verschwindet, indem hier relativ kalte und trockene Winde einströmen, die das Barometer zum Steigen bringen. Demnach besteht die Fortpflanzung des barometrischen Minimum in einer Neubildung desselben. Mohn vergleicht die Ortsveränderung einer Cyklone oder eines Wirbels mit dem Fortschreiten einer Welle auf dem Meere, deren Form bekanntlich dadurch entsteht, dafs jedes dabei beteiligte Wasserteilchen eine auf- und abwärts gerichtete schwingende Bewegung ausführt, während gleichzeitig die verschiedenen Teilchen sich in verschiedenen Punkten ihrer Bahn befinden.

Man erkennt nun ferner, dafs der Vorübergang einer Cyklone an einem Orte hier eine mehr oder weniger erhebliche Veränderung von Wind und Wetter mit sich führen mufs. Denken wir uns, der südliche Teil einer Cyklone, die in der Richtung von W. nach O. fortschreitet, gehe über einen Ort *a* der nördlichen gemäfsigten Zone hinweg (Fig. 16). Dann wird dieser Ort beim Heranrücken des barometrischen Minimum zunächst Winde aus SO. und S. erhalten, und weiterhin, wenn die Cyklone vollständig an ihm vorüberzieht, nacheinander Winde aus SW., W., NW. und N. Demnach wird der Wind sich an diesem Orte mit der Sonne drehen, d. h. im Sinne der früher (Nr. 43) hervorgehobenen Doveschen Regel. Mit der Veränderung der Windrichtung mufs nun auch eine Veränderung der übrigen meteorologischen Elemente verknüpft sein. So wird an dem bezeichneten Orte beim Heranrücken der Cyklone mit dem Eintritt südlicher Winde ein Fallen des Barometers, hingegen ein Steigen des Thermometers und eine Zunahme der Bewölkung stattfinden, dann aber mit dem Eintritt nördlicher Winde das Barometer wieder steigen, die Temperatur fallen und die Bewölkung abnehmen.

Da die Drehung des Windes in der nördlichen gemäfsigten Zone durchschnittlich mit der Sonne erfolgt, so müssen die

barometrischen Minima, welche diese Drehung bedingen, nördlich von der gemäfsigten Zone vorüberziehen, so dafs die letztere von den südlichen Teilen der betreffenden Cyklonen berührt wird. Für Orte, die auf der Nordseite einer Cyklone (Fig. 16) liegen, vollzieht sich die Drehung des Windes im entgegengesetzten Sinne, also gegen die Sonne. Damit scheinen die Beobachtungen zu stimmen, welche über die Drehung des Windes auf Spitzbergen, dem grönländischen Meere, in Grönland und dem arktischen Nordamerika vorliegen. Die über Europa hinziehenden Minima kommen zum gröfsten Teil vom atlantischen Ocean her und pflanzen sich gewöhnlich nach O. resp. NO. fort, mitunter wohl auch nach N. oder S. resp. SO. Man hat in Europa in Anbetracht der barometrischen Minima mehrere Hauptzugstrafsen unterschieden.*) Auf dem atlantischen Ocean ist in dieser Beziehung der Einfluſs der Meeresströmungen nicht zu verkennen. Übrigens entwickeln sich an den Seiten der gröfseren barometrischen Minima nicht selten kleinere Minima, sogenannte Teilminima, die im wesentlichen auf analoge Weise wie jene, Witterungsänderungen an den von ihnen berührten Orten hervorbringen. Diese Teilminima haben insgemein eine gröfsere Geschwindigkeit als das Hauptminimum, dem sie zugehören oder aus dem sie entstanden. Dieselben gelangen, wie es scheint, vornehmlich da zur Entwickelung, wo kalte und warme Luftströmungen einer Hauptdepression sich berühren.

In unserer obigen Betrachtung über die Fortpflanzung der barometrischen Minima reflektierten wir auf den atmosphärischen Wasserdampf, indem wir bemerkten, dafs derselbe auf der Vorderseite einer Cyklone aufsteige und hier infolge seiner Kondensation zur Neubildung und damit zu einer Ortsveränderung des Minimums Anlafs gebe. Indessen ist es sehr wahrscheinlich und wohl kaum zu bezweifeln, dafs aufser dem eben bezeichneten Umstande noch andere Momente das Fortschreiten der Cyklone bedingen. Solche Momente sind nach

*) s. van Bebber, Wissenschaftliche Ergebnisse aus den monatlichen Übersichten der Witterung. Hamburg 1877—1882.

Loomis*) u. a. die Verteilung des Luftdruckes, der Temperatur und Feuchtigkeit nicht allein innerhalb der Cyklone, sondern auf einem gröfseren dieselbe umschliefsenden Gebiete. Bis zu einem gewissen Grade folgen auch die barometrischen Minima dem Laufe der Isothermen, indem sie auf der nördlichen Erdhälfte das Gebiet höherer Temperatur auf der rechten Seite ihrer Bahn liegen lassen.**) Ferner weist Köppen***) in Anbetracht der Ortsveränderung der Cyklonen darauf hin, dafs die Bewegungsverhältnisse in verschiedenen Höhen einer Cyklone verschieden sind, und dafs daher für die Fortpflanzung derselben nicht der Bewegungszustand der untersten Schicht, sondern vielmehr der Bewegungszustand der Gesamtheit der Schichten mafsgebend sein müsse; für den letzteren könne man im allgemeinen den Bewegungszustand einer gewissen mittleren Schicht einsetzen, deren Höhe noch zu bestimmen sei. Annäherungsweise geschehe aber die Fortpflanzung der barometrischen Minima in der Richtung der nach ihrer Gesamt-Energie innerhalb der Minima überwiegenden Luftströmung.

Die von manchen geäufserte Ansicht, dafs eine Cyklone lediglich in einer rotierenden Luftmasse bestehe, die ohne weiteres von dem gerade herrschenden Luftstrome, worin dieselbe sich bilde, fortgeführt werde, stimmt in wesentlichen Punkten nicht mit den Thatsachen, welche die Ortsveränderung der barometrischen Minima und die physikalischen Eigenschaften betreffen, die eine Cyklone auf verschiedenen Seiten ihres Centrums bekundet. Indessen bietet die von Ferrel****) dar-

*) Mémoires de météorologie dynamique, trad. par Brocard, Paris 1879; American Journ. of Science and Arts, Vol. X u. XVIII.

**) Cl. Ley, The laws of the winds prevailing in Western Europa, Part. I. London 1872.

***) Annalen der Hydrogr. u. mar. Meteorol. Hft. XI, S. 661; Gaea, Jahrg. 19, S. 201. — Vglch. ferner Brounow, Die fortschreitende Bewegung der Cyklonen u. Anticyklonen. Dorpat 1882, und dazu Graf Berg in Gaea, Jahrg. 19, S. 137; v. Miller-Hauenfels, Theoretische Meteorologie. Graz 1884; Sprung, Lehrbuch der Meteorologie. Hamburg 1885; Hildebrandsson, sur la distribution des éléments météorologiques autour des minima et des maxima barometriques. Upsala 1883.

****) Meteorological Researches. Washington 1877 a. 1890; Hann, Handbuch der Klimatologie S. 701 f.

gelegte Theorie über die allgemeine Cirkulation der Atmosphäre, obschon sie die eben zuvor charakterisierte Ansicht über die Ortsveränderung der barometrischen Minima gewissermafsen in sich begreift, einige beachtenswerte Momente dar, die einer ferneren genaueren Prüfung anheimzustellen sind.

Wir haben bereits (Nr. 41) darauf hingewiesen, dafs in den höheren Regionen der Atmosphäre eine vom Äquator nach den Polen gerichtete Luftströmung waltet, welche auf ihrem Wege nach dem betreffenden Pole hin wegen der Erdrotation immer mehr westlich abgelenkt werden mufs. Auch wird dieser Strömung eine erhebliche Geschwindigkeit eignen, da bei ihr nicht wie bei den Strömungen an der Erdoberfläche ein retardierender Einfluſs von seiten des Bodens stattfindet, sondern nur die innere Luftreibung sich geltend macht. Wegen der starken Ablenkung durch die Erdrotation sollen nun nach Ferrel die gegen die Pole hin abfliefsenden Luftmassen um jeden Pol einen Wirbelring bilden, worin sich die Luft von W. nach O. bewegt. Der vollen Entwickelung dieses Ringes stellen sich auf der südlichen Erdhälfte die geringsten Hindernisse entgegen, wie denn auch auf dieser Hemisphäre, welche jenseits 40° südl. Br. fast gleichförmig mit Wasser bedeckt ist, in der unteren Region Westwinde vorherrschen. Die Erdrotation soll es nun eben mit sich bringen, dafs die Luft nicht direkt gegen die Pole hin abströmt und an denselben sich anhäuft, was daselbst zur Erzeugung eines barometrischen Maximums führen würde. Vielmehr bildet sich um den Pol der kurz zuvor erwähnte Wirbelring, in dessen Mitte der Luftdruck abnimmt wie im Innern einer gewöhnlichen Cyklone; nur waltet zwischen beiden der wesentliche Unterschied ob, dafs die Luft bei einer gewöhnlichen Cyklone in deren Innerem aufsteigt, während sie in dem Wirbelring in einer abwärts gerichteten Bewegung begriffen ist. Bei einer gewöhnlichen Cyklone nimmt der barometrische Gradient nach oben ab und ist in einer gewissen Höhe nach aufsen gerichtet, daher denn auch die emporgestiegene Luft nach aufsen abfliefst. Wenn nun aber wirklich in der Höhe überall eine polwärts gerichtete Strömung vorhanden ist, so mufs wohl auch eine entsprechende Luftmenge zu den Wendekreisen zurückkehren. Dies könnte in einer mitt-

leren Schicht der Atmosphäre geschehen, in einer Schicht, deren Abstand von der Erdoberfläche nach einigen Beobachtungen über die Veränderung der Windrichtung nach der Höhe vielleicht nicht so ungemein grofs ist *)

Wir wollen nun hier noch hervorheben, dafs zwischen den oberen Strömungen der Atmosphäre und den Ereignissen in der Tiefe eine gewisse causale Beziehung zu erwarten ist, und zwar noch bevor jene polwärts gerichtete Strömung den von Ferrel angenommenen Wirbelring bildet. So kann diese obere Strömung infolge bestimmter Vorgänge, die sich in den tieferen Regionen abspielen, hie und da zum Teil herabsinken. Auch können aus der Tiefe emporsteigende Luftmassen in ihrer Bewegung von den unteren Schichten der oberen Strömung beeinflufst werden.

45. *Wirbelstürme und Wettersäulen.*

Innerhalb der gemäfsigten und kalten Zone treten Sturmwinde auf meist infolge barometrischer Minima, denen sogenannte Sturmgradienten eignen. Indessen ist die Gröfse des Gradienten auf verschiedenen Seiten eines und desselben Minimums nicht selten sehr ungleich, so dafs insgemein nur eine Seite des Minimums mit Gradienten versehen ist, die zu einem Sturmwinde Anlafs geben. Ein solcher Sturm bildet also nur einen Teil der Cyklone, zu deren Windsystem er gehört, und kann an den von ihm berührten Orten den Eindruck eines in geradliniger Bahn fortschreitenden Windes machen. Man pflegt nun jeden Wind, falls seine Stärke eine gewisse Gröfse übersteigt, als Sturm zu bezeichnen. So betrachtet man im Hinblick auf die See einen Wind von 25 Meter Geschwindigkeit (in der Sekunde), und in betreff des Landes einen solchen von 15 bis 17 Meter Geschwindigkeit bereits als einen Sturm. In der gemäfsigten und kalten Zone treten Stürme von erheblicher Ausdehnung namentlich im Winter auf, wo auch die barometrischen Minima, wie wir schon wissen, stärker als im Sommer sich entfalten. Aller-

*) s. Sprung, Lehrb. d. Meteorologie S. 201 ff.

dings kann auch ein Gebiet hohen Luftdruckes oder eine Anticyklone zu stürmischen Winden Anlafs geben; doch sind die stärkeren Stürme insgemein Begleiter tiefer barometrischer Minima.

Zu den Wirbelstürmen im engeren Sinne gehören die Orkane der Tropenzone, die rücksichtlich ihrer gewaltigen mechanischen Wirkungen wohl bekannt sind. So die westindischen Orkane, Hurricane genannt, ferner die Taifune des chinesischen Meeres, die hier namentlich zur Zeit des Wechsels der Monsune vorkommen, und im indischen Ocean die Mauritius-Orkane, welche insgemein die Insel Mauritius berühren und daher ihren Namen haben. Die westindischen Orkane entstehen meist in der Nähe des 10. Grades nördl. Breite und halten innerhalb der Tropenzone ihre anfängliche Richtung von SO. nach NW. oder von OSO. nach WNW. ziemlich unverändert ein. Bei ihrem Übertritt in die gemäfsigte Zone biegen sie aber in einer stark gekrümmten Linie um, und bewegen sich dann gewöhnlich von SW. nach NO. weiter. Infolge dieses Übertrittes gewinnt der in der Tropenzone sich nur sehr allmählich erweiternde Wirbel sehr bedeutend an Umfang, während seine Heftigkeit abnimmt. Die fortschreitende Bewegung der Taifune bekundet eine geringere Intensität und geschieht gewöhnlich von Ost nach West. Im Hinblick auf die Häufigkeit der tropischen Stürme hat sich ergeben, dafs sie vorzugsweise in der wärmeren Jahreszeit auftreten, die Hurricane und Taifune in der Zeit von August bis Oktober, die Stürme im südlichen indischen Ocean in den Monaten Januar bis April.

Die in Rede stehenden Orkane sind nun ohne Zweifel Wirbelstürme, worauf bereits im Jahre 1801 der Colonel Capper hinwies. Analoges erkannte Dove rücksichtlich eines europäischen Sturmes. Namentlich wurde aber durch Untersuchungen von Redfield und Reid festgestellt, dafs die Stürme an den Küsten der Vereinigten Staaten Wirbelstürme sind, die im Sinne S. O. N. W. sich drehen. Umgekehrt verhält es sich auf der südlichen Erdhälfte. Hier drehen sich die entsprechenden Stürme im entgegengesetztem Sinne, d. h. von S. über W. nach N. und O., was auch schon von Dove als wahrscheinlich erachtet

wurde, Demnach drehen sich die Wirbelstürme auf der südlichen Erdhälfte wie der Zeiger einer Uhr, auf der nördlichen aber im entgegengesetzten Sinne. Im Centrum des Wirbelsturmes, um welches die Luft in kreisender Bewegung begriffen ist, findet eine mehr oder weniger erhebliche Luftverdünnung und entsprechende Erniedrigung des Barometerstandes statt. Das Barometer fällt schon beim Heranrücken des Centrums, und selbst an Orten, die nicht unmittelbar vom Sturme betroffen werden. Im Centrum herrscht nicht selten völlige Windstille, oder es machen sich daselbst unregelmäfsige, meist schwache Winde geltend. An den Orten, über welche das Centrum des Sturmes hinweggeht, wechseln heftige Windstöfse mit Totenstille, in der Art, dafs der Sturm nach dem Vorübergange des Centrums aus einer anderen Richtung als zuvor tobt. Übrigens nimmt die Geschwindigkeit und Heftigkeit des Windes innerhalb des Wirbelsturmes von innen nach aufsen ab. Ferner befindet sich über dem Wirbelsturme eine mehr oder weniger ausgedehnte graue Wolkenschicht, unter welcher sich noch vielfach zerrissene Wolken nach aufsen bewegen. Redfields Beobachtungen führten zu der Annahme, dafs der Sturmwind jene fliehenden Wolken in Spiralwindungen nach aufsen treibt, während derselbe unten in Spiralwindungen allmählich nach innen strömt. Der Wirbelsturm ist nicht nur von dichten Wolken, sondern auch von starken Regengüssen mit elektrischen Entladungen begleitet. Dies alles läfst nun vermuten, dafs das Entstehen wie die Fortdauer eines Wirbelsturmes abhängig ist von einem wasserdampfreichen, aufsteigenden und oben abfliefsenden Luftstrome*). Dieser Luftstrom bedingt eine Abnahme des Luftdruckes im Centrum der Cyklone, die rasche Kondensation des Wasserdampfes und damit die rasche Bildung von Gewitter- und Regenwolken, und endlich auch ein Heranströmen der Luft zu dem unteren Teile der Cyklone. Die bei der Kondensation des Wasserdampfes frei werdende Wärme mäfsigt die Abkühlung der aufsteigenden Luft, dehnt diese aus und begünstigt

*) Vglch. Reye, Die Wirbelstürme, Tornados u. Wettersäulen in der Erdatmosphäre etc. Hannover 1872. S. 124 ff. — S. auch Schück, Die Wirbelstürme oder Cyklonen mit Orkangewalt. Oldenburg 1881.

ihr Emporsteigen. Damit ist zugleich eine Erweiterung des Luftstromes nach allen Seiten verknüpft, worauf auch der bereits erwähnte Umstand hinweist, dafs die fliegenden Sturmwolken sich in Spiralwindungen von der Axe der Cyklone entfernen. Indem nun unter der emporsteigenden Luftsäule der Luftdruck sich vermindert, fliefst nach diesem Orte verringerten Druckes die Luft von allen Seiten, den Spiralwindungen des Sturmes folgend, herbei, anfangs langsamer, dann immer schneller, da von aufsen her der gröfsere Luftdruck sie treibt, so dafs die Stärke des Windes nach dem Centrum hin zunehmen wird. Im Hinblick auf die Ursachen, welche das erste Emporsteigen der warmen und feuchten unteren Luftschichten veranlassen, äufsert Reye die Vermutung, dafs manche Cyklone vielleicht aus einer grofsen Wasserhose entstehe, während bei anderen die rasche Bildung ausgedehnter Gewitterwolken einen stark aufsteigenden Luftstrom hervorrufen möge; oder es könne auch durch das Vordringen kalter Luftströme in der Wolkenregion eine bedeutende und umfangreiche Störung des atmosphärischen Gleichgewichtes eintreten. Sobald aber unter den aufsteigenden Luftmassen der Luftdruck sich sehr vermindere und der so entstehende Verdünnungsraum hinreichend ausgedehnt sei, müsse allemal eine wirkliche Cyklone entstehen, und zwar infolge der Erdrotation, deren ablenkende Kraft wir bereits kennen. Der Erläuterung wegen nimmt Reye*) beispielsweise an, die Luft ströme allseitig aus einer Entfernung von 120 Seemeilen zur Verdünnungsstelle heran, und zwar anfangs wirklich centripetal. Befindet sich nun dieser luftdünne Centralraum auf der nördlichen Erdhälfte, so ist die Geschwindigkeit mit der er um die Erdaxe rotiert, kleiner als die Rotationsgeschwindigkeit der südlichen und gröfser als die der nördlichen Luftströme. Die südlichen müssen daher dem Centrum nach Osten zu voraneilen, und die nördlichen hinter demselben nach Westen hin zurückbleiben, sodafs diese Luftströme ungeachtet ihrer anfänglichen centralen Bewegung nicht in Radien dem Centrum sich nähern, sondern in Spiralen, welche von N. über W. nach S.

*) a. a. O. S. 137. Vglch. auch Reye in Österr. Zeitschrift für Meteorologie Bd. VIII, IX u. X.

und O., also gegen die Sonne sich winden. Die einmal entstandene Wirbelbewegung soll denn das Andauern und Wachsen der centralen Luftverdünnung und damit zugleich die mitunter wochenlange Dauer der Cyklonen befördern. Indessen ist der Einfluſs der Erdrotation auf die Bewegung der zuströmenden Luft um so geringer, je kleiner der Durchmesser des Verdünnungsraumes ist. Überhaupt ist aber die von der Erdrotation herrührende Ablenkung der Luftteilchen von ihrer anfänglichen Bahn in niederen Breiten geringer als in höheren; daher in betreff der tropischen Wirbelstürme zu vermuten ist, daſs zwar zunächst der Einfluſs der Erdrotation die spiralförmige Bewegung der Luftteilchen bestimmt, daſs aber weiterhin noch ein anderer Faktor ins Spiel tritt, der eine stärkere Krümmung der Windbahnen um das Centrum bedingt. Man kann in dieser Beziehung, wie es u. a. von Mohn*) geschieht, an eine starke Centrifugalkraft denken, welche ja ebenfalls eine Ablenkung bewegter Luftteilchen auf der nördlichen Erdhälfte nach rechts, auf der südlichen nach links bewirken kann. Indessen läſst sich im vorliegenden Falle eine starke Centrifugalkraft nur als eine Folge der groſsen Geschwindigkeit betrachten, mit der die Luft nach dem luftverdünnten Centrum hinströmt, da ja die von der Erdrotation bewirkte Krümmung der Bahn nicht als sehr groſs angesehen werden darf. Die Gröſse der Centrifugalkraft ist aber, wie wir wissen, dem Quadrate der Geschwindigkeit direkt proportional, während sie mit dem Krümmungshalbmesser der Bahn einfach im umgekehrten Verhältnis steht. Bemerkenswert ist noch, daſs die tropischen Wirbelstürme hinsichtlich der physikalischen Eigenschaften der Luft, wie Temperatur und Feuchtigkeit, auf verschiedenen Seiten des Centrums viel geringere Differenzen darbieten, als die groſsen Cyklonen der auſsertropischen Zone. Dies läſst vermuten, daſs dort die Luft mit groſser Geschwindigkeit, wenigstens in den unteren Teilen des Wirbels, vollständig oder doch fast vollständig das Centrum umkreist. Daſs übrigens die tropischen Wirbelstürme vorzugsweise in der wärmeren Jahreszeit auftreten,

*) a. a. O. S. 292 f.

kann nach der oben dargelegten Erörterung nicht befremden, da ja diese Jahreszeit zur Entstehung wasserdampfreicher, aufsteigender Luftströme besonders günstige Bedingungen darbietet. In Hinsicht auf die räumliche Ausdehnung der Wirbelstürme sei bemerkt, dafs nach Redfield den westindischen Orkanen ein Durchmesser von 50 bis 300, und in höheren Breiten sogar von 1000 bis 1500 Seemeilen zukommt. Die Taifune des chinesischen Meeres haben nach Piddington einen Durchmesser von 60 oder 80 bis 180 oder 240 Seemeilen. Diese kleineren Wirbelstürme bekunden eine besonders grofse Heftigkeit, wie denn auch die atlantischen Orkane in Westindien, wo sie am schmalsten sind, viel heftiger als in höheren Breiten auftreten.

Bekannt wegen ihrer ungemeinen Heftigkeit sind ferner die Stürme, welche im Spanischen Tornados heifsen. Namentlich sind die in den Vereinigten Staaten von Nordamerika auftretenden Tornados genauer beobachtet und beschrieben worden. Diese Tornados erinnern in mancher Beziehung an die europäischen Wettersäulen, besonders in betreff der äufseren Gestalt. Dagegen ist die räumliche Ausdehnung der Tornados in der Regel viel gröfser. Im Mittel soll die Breite ihrer Bahn an der Erdoberfläche 680 Meter betragen. Für manche Tornados wird indefs die Breite der Bahn zu 1600 Meter angegeben. Die Geschwindigkeit der fortschreitenden Bewegung nimmt man im Mittel zu 990 Meter in der Minute an. Diese Bewegung vollzieht sich in der Regel gegen Osten hin und zwar in nur schwach oder gar nicht gekrümmter Bahn. Eine Drehbewegung im Tornado selbst konnte nur in einer relativ geringen Anzahl von Fällen, mit voller Gewifsheit dargethan werden. Diese Drehung geschah meist gegen die Sonne, also von O. über N. gegen W. und S. Dagegen deuten die mechanischen Wirkungen der Tornados entschieden auf eine nach innen und aufwärts gerichtete Bewegung der Luft hin. Demzufolge können sehr bedeutende mechanische Effekte durch Luftströme, denen keine erhebliche Wirbelbewegung eignet, hervorgebracht werden.

Was ferner die Wettersäulen oder Tromben betrifft, so sind dieselben insgemein Wirbelwinde, freilich von viel kleineren

Dimensionen, als die oben betrachteten Wirbelstürme, wie denn auch die Richtung, in welcher die Rotation der Luft bei den Wettersäulen geschieht, keine so konstante ist wie bei den Wirbeln jener Orkane. In betreff verschiedener Wettersäulen geschieht die Bewegung der Luft teils in Übereinstimmung mit der Drehbewegung eines Uhrzeigers, teils im entgegengesetzten Sinne. Nicht selten ist die wirbelnde Bewegung der Wettersäulen sichtbar, da bei denselben wässerige Teilchen, wie auch Teilchen verschiedener fester Körper, als Staub und Sand, sich an der Rotation beteiligen. Man nennt die Wettersäulen auch Windhosen, und spricht von Sand- oder Wasserhosen, je nachdem das Phänomen sich auf dem Lande oder auf dem Wasser darstellt. Gewöhnlich beschränkt sich die Wettersäule auf eine verhältnismäfsig schmale Strecke, auf welcher sie mit gröfserer oder geringerer Geschwindigkeit fortschreitet, während nicht selten in geringer Entfernung von ihrer Bahn fast völlige Windstille herrscht. Das zunächst Sichtbare an dem Phänomen ist insgemein eine Wolke, von der sich eine trichterförmige oder schlauchartige Verlängerung herabsenkt, die sich nicht selten wechselnd der Erdoberfläche nähert und wieder von derselben zurückzieht. Dabei werden denn auch die unterhalb der Wolke befindlichen Staub- und Sandmassen, oder, wenn die Säule auf einer Wasserfläche erscheint, das Wasser in Bewegung gesetzt, sodafs eine kegelförmige Erhebung entsteht, die mit jener schlauchartigen Verlängerung der Wolke durch einen schmäleren Cylinder in Verbindung tritt. Während nun das Phänomen in einer geraden oder gebogenen oder selbst zickzackförmigen Bahn fortschreitet, geschieht es wohl, dafs die bezeichnete Verbindung zwischen der Wolke und dem unteren Teil abwechselnd zerrissen und wiederhergestellt wird, indem jener Schlauch sich wechselnd hebt und senkt. Die Wettersäulen auf dem Meere stimmen in wesentlichen Punkten mit denen auf dem Lande überein. Es lassen sich insgemein drei Teile unterscheiden: oben eine Wolke, ein aus dieser herabhängender gerader oder gekrümmter Schlauch, und drittens unten ein Fufs, welcher sich auf dem Meere erhebt. Nach einer von Horner vorgenommenen Zusammenstellung vieler Beobachtungen entstehen die Wasserhosen meist in der Nähe des Landes, wo unbeständige

Winde und wechselnde Temperaturen herrschen. Sie sind allezeit von örtlichen Gewittern oder elektrischen Entladungen begleitet, erscheinen aber nie bei ausgedehnten Gewittern. Ebenso wenig sind sie jemals Wirkung eines allgemeinen Windes, vielmehr herrscht um dieselben meist Windstille. Sie führen, wie die Landtromben, alle von ihnen ergriffenen Gegenstände mit sich fort, und entstehen dem Anschein nach bald von oben aus den Wolken, bald von unten aus dem Wasser.

Sehr wahrscheinlich bestehen nun die Wettersäulen in vertikalen Luftströmen, welche warme und feuchte Luft von der Erdoberfläche emporführen, oder auch kältere Luft von oben herabbringen. Diese Ansicht wurde bereits von Muncke, von Belt und von Espy geäufsert und neuerdings von Reye*) weiter verfolgt. Nach Reye geht der Wettersäule gewöhnlich ein labiles Gleichgewicht der Atmosphäre voraus, welches durch allmähliche Erwärmung der unteren Luftschichten in einem gewissen Gebiete hervorgebracht ist. An ein derartiges Gleichgewicht dachte auch schon Kämtz in Anbetracht der Sandhosen, welche von Reisenden in den asiatischen und afrikanischen Wüsten beobachtet worden sind. Indessen kann ein labiler Gleichgewichtszustand der Atmosphäre, wie Reye selbst hervorhebt, ebenso leicht zu einer abwärts wie zu einer aufwärts gerichteten Luftströmung führen. Wenn gleichwohl die aufsteigenden Tromben viel häufiger als solche mit niedersinkendem Luftstrome sind, so hat dies nach Reye seine Ursache in der Anwesenheit des atmosphärischen Wasserdampfes. Feuchte Luft steigt viel leichter in der Atmosphäre auf als trockene. Ist nun einmal an einer bestimmten Stelle des Bezirks, wo die Luft infolge einer starken Erwärmung vom Boden aus in einem stark gespannten Zustande labilen Gleichgewichts sich befindet, ein vertikaler Luftstrom entstanden, so wird sich unter ihm ein luftverdünnter Raum bilden, nach welchem die Luft von allen Seiten hinströmt, um dann ebenfalls aufwärts zu steigen. Diese dem Fufse der Wettersäule zuströmende Luft wird sich dicht vor dem eigentlichen Centrum allseitig nach oben hin umbiegen,

*) a. a. O. S. 1 ff., S. 35 ff.

sodafs in der Mitte ein windstiller Raum entsteht, der freilich bei den gewöhnlichen Tromben nur klein sein wird. Auch innerhalb eines niedersinkenden Luftstromes kann, zumal bei lebhafter Rotation der Luftteilchen eine Luftverdünnung entstehen. Niedersinkende Tromben mit abwärts gerichteten Luftströmen mögen wirklich in der Weise, wie Faye*) es sich vorstellt, zur Entwickelung gelangen. Indessen betrifft dies wohl nur eine verhältnismäfsig geringe Anzahl von Tromben. Man erkennt auch, dafs eine Trombe, die in den höheren Schichten der Atmosphäre etwa infolge einer Kondensation des Wasserdampfes und eines damit verknüpften aufsteigenden Luftstromes entstanden ist, sich nach der Erdoberfläche hin fortpflanzen kann, ohne dafs dabei Luftmassen aus der Wolkenregion herabsinken. Die Trombe senkt sich nämlich dem Anschein nach zur Erdoberfläche herab, indem die rotierende Bewegung der Luftteilchen sich vermöge der inneren Luftreibung auf die tiefer liegenden Schichten überträgt.

Man hat neuerdings zur Veranschaulichung und Erläuterung atmosphärischer Bewegungserscheinungen auch das Experiment zu rate gezogen. S. in dieser Beziehung namentlich Vettin, Experimentelle Darstellung von Luftbewegungen unter dem Einflusse von Temperaturunterschieden und Rotationsimpulsen: Meteorologische Zeitschrift Bd. I, S. 227 u. 271; Andries: Österr. Zeitschrift für Meteorologie XVII, S. 307, XVIII, S. 113 u. 156. Vglch. dazu Sprung: Lehrbuch der Meteorologie S. 228 f. u. S. 242.

B. Atmosphärische Feuchtigkeit.

46. *Von der Verdunstung.*

Das die Oberfläche der Erde bedeckende Wasser erleidet einen fortwährenden Verlust durch Verdunstung. Die Wasserteilchen der oberen Schichten gehen unter Einwirkung der Wärme in den gasförmigen Zustand über, um sich in der Atmosphäre zu verbreiten. Die Schnelligkeit, womit dies geschieht, ist um so gröfser, je höher die Temperatur der Luft und je geringer die Menge des in der letzteren schon vorhandenen

*) The laws of storms: Annuaire du bureau des longitudes, 1875.

Dampfes ist. Die über dem Wasser befindliche Luft kann für eine gegebene Temperatur nur eine bestimmte Menge von Dampf in sich aufnehmen, so dafs ein gröfserer oder geringerer Teil desselben sich in der einen oder anderen Form niederschlagen mufs, wenn die Temperatur mehr oder minder bedeutend sinkt. Daher auch der Einfluſs eines trockenen Windes auf die Lebhaftigkeit der Verdunstung; dadurch kommen nämlich immer neue Luftschichten, die noch nicht mit Dampf gesättigt sind, mit der Wasserfläche in Berührung.

Es ist der absolute Dampfgehalt der Atmosphäre von ihrem relativen zu unterscheiden. Der erstere wird durch den Druck gemessen, welchen der in der Luft vorhandene Wasserdampf auf eine Quecksilbersäule ausüben kann, woraus sich denn auch leicht das Gewicht des Dampfes ergiebt, der in der Kubikeinheit Luft enthalten ist. Den relativen Dampfgehalt bestimmt das Verhältnis zwischen der wirklichen Dampfmenge und derjenigen, welche die Luft bei der herrschenden Temperatur aufnehmen könnte.

Jeder bestimmten Temperatur entspricht ein gewisses Maximum der Dichte und Spannkraft des Wasserdampfes, oder es erzeugt sich bei dieser Temperatur so lange Dampf, bis dieser jenes Maximum der Dichte und Spannkraft erlangt hat. Die Luft ist dann unter den gegebenen Verhältnissen mit Wasserdampf gesättigt. Ist z. B. die Temperatur der Luft 18°, so ist das Maximum der Spannkraft des Wasserdampfes für diese Temperatur etwa = 15,35 Millimeter, d. h. die Spannkraft steht für diesen Fall im Gleichgewichte mit dem Drucke einer Quecksilbersäule von 15,35^{mm} Höhe. Beträgt nun die Spannkraft des wirklichen Dampfgehaltes der Luft für die bezeichnete Temperatur nur 12,08^{mm}, so ist die Luft noch von ihrem Sättigungspunkte entfernt. Die Temperatur der Luft müfste von 18° auf 14° herabsinken, um bei unverändertem Dampfgehalt in den Zustand der Sättigung zu geraten. Das Maximum der Spannkraft für 14° ist nämlich = 12,08^{mm}.

Die Luft kann also bei grofsem Dampfgehalt sehr trocken erscheinen, wenn sie noch weit von ihrem Sättigungspunkt entfernt ist, und umgekehrt bei geringem Dampfgehalt sehr feucht, wenn sie sich bei der herrschenden Temperatur im Zustande der

Sättigung befindet, so dafs eine geringe Temperaturerniedrigung einen feuchten Niederschlag zur Folge hat.

Zur Ermittelung der atmosphärischen Feuchtigkeit dienen die Hygrometer. Saussure's Haar- und Deluc's Fischbeinhygrometer. Daniell's Hygrometer.

Wenn eine mit Wasserdampf mehr oder weniger erfüllte Luftmasse langsam erkaltet, so tritt endlich eine Temperatur ein, bei welcher die Luft mit der vorhandenen Dampfmenge gesättigt ist. Diese Temperatur heifst der Thaupunkt, auf welchen also die Temperatur der Luft herabsinken mufs, wenn ein wässeriger Niederschlag erfolgen soll. Die der Temperatur des Thaupunktes entsprechende Spannkraft des Wasserdampfes, die man in einer Tabelle über die Spannkräfte des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen aufsuchen kann, führt zu der absoluten Dampfmenge, welche bei der herrschenden Temperatur in der Luft enthalten ist. Der Thaupunkt selbst läfst sich aber mittelt des Daniellschen Hygrometers bestimmen. Je tiefer nun der Thaupunkt unter der in der Luft gerade herrschenden Temperatur liegt, desto weniger ist die Luft im Verhältnis zu der Dampfmenge, die sie aufnehmen kann, mit Dampf erfüllt. Aus diesem Unterschiede des Thaupunktes und der herrschenden Temperatur der Luft erkennt man die relative Dampfmenge. Die herrschende Lufttemperatur sei 18° und die Temperatur des Thaupunktes 12°. Dann ist die Spannkraft der Dampfmenge, welche die Luft bei der Temperatur 18° enthalten könnte, wenn sie mit Dampf gesättigt wäre, 15,35^{mm}, und die der Temperatur 12° entsprechende Spannkraft von 10,70^{mm} ist diejenige, welche der in der Luft wirklich enthaltenen Dampfmenge zukommt. Die relative Dampfmenge ergiebt sich nun aus der Proportion $15{,}35 : 10{,}70 = 100 : x$, also $x = \frac{10{,}70 \cdot 100}{15{,}35}$ = 69. Die Luft enthält hiernach 69 Prozent von derjenigen Dampfmenge, welche sie bei der Temperatur 18° überhaupt aufnehmen kann.

Vielfach im Gebrauch war und ist noch August's Psychrometer (Nasskältemesser), dessen Anwendung jedoch ebenso wie die des Daniellschen Hygrometers besondere Vorsichtsmafsregeln erfordert, wenn einigermafsen brauchbare Resultate erzielt werden sollen. Das Psychrometer besteht aus zwei übereinstimmenden Thermometern, deren Teilung von —25° bis 50° C. geht. Jeder Grad ist so grofs, dafs noch 0,1° mit Sicherheit bestimmt werden kann. Beide Thermometer sind an einem und demselben Gestelle befestigt, und die Kugel des einen ist mit einem feinen Leinwandläppchen umwickelt, das während der Beobachtung mit Wasser befeuchtet ist. Indem dieses verdunstet, erkaltet die Kugel und das Quecksilber sinkt, und zwar um so mehr, je weiter die

Luft von ihrem Sättigungspunkte entfernt ist. Man sieht leicht, dafs die am nassen Thermometer vorbeistreichende Luft um so weniger Dampf in sich aufnehmen kann, je mehr sie davon schon enthält. Ist die Luft vollständig mit Feuchtigkeit gesättigt, so kann an der feuchten Kugel kein Wasser verdunsten. Die beiden Thermometer müssen daher gleich hoch stehen. Die Temperaturdifferenz beider Thermometer erlaubt nun einen Schlufs auf den Feuchtigkeitszustand der Luft. Die letztere giebt aber selbst einen Teil ihrer Wärme an das nasse Thermometer ab. Diese Wärmemenge sowohl als auch der Wasserdampf, welchen die Luft aufnimmt, läfst sich der Temperaturdifferenz beider Thermometer proportional setzen. Bezeichnet t die Temperatur des trockenen Thermometers oder die Temperatur der Luft, t' die Temperatur am feuchten Thermometer, e' die Spannkraft des Wasserdampfes bei der Temperatur t' und endlich e die Spannkraft des wirklich in der Luft enthaltenen Dampfes (bei der Temperatur des Thaupunktes), so ist $e = e' - a(t - t')b$, wo b den Barometerstand und a einen die Örtlichkeit betreffenden Coefficienten bedeutet. Hat man hiernach e gefunden, so bestimmt sich die relative Feuchtigkeitsmenge wie bereits angegeben.

Besondere Tabellen erleichtern den Gebrauch dieses Instrumentes.

47. *Täglicher und jährlicher Gang der Feuchtigkeit.*

Im Winter nimmt die absolute Dampfmenge ziemlich regelmäfsig bis zum Nachmittag zu. Hierauf nimmt sie mit dem Sinken der Temperatur wieder bis zum folgenden Morgen ab, wo sie um die Zeit des Sonnenaufganges ein Minimum erreicht. Im Frühjahr findet eine Veränderung dieser beiden Wendepunkte gegen die Mitte des Tages hin statt. Im Sommer zeigt der tägliche Dampfgehalt der Luft zwei Maxima und zwei Minima, die ersteren 8—9 Uhr Morgens und Abends, die letzteren um 2—4 Uhr Nachmittags und kurz vor Sonnenaufgang. Es ist zu erwarten, dafs mit steigender Sonne der Dampfgehalt der Luft zunehmen müsse, weil dann die Verdunstung reichlicher wird. Das wahre Maximum kann aber in den tieferen Schichten der Luft nicht rein hervortreten, weil sich mit zunehmender Temperatur ein aufsteigender Luftstrom bildet, der den unten entwickelten Dampf mit sich in die Höhe führt. Dieser Luftstrom erreicht einige Zeit nach Mittag sein Maximum. Von hier an nimmt der Dampfgehalt der unteren Atmosphäre wieder allmählich zu, indem der neugebildete Dampf in derselben verharren

kann, und wohl auch Wasserdunst aus der Höhe herabsinkt, der in den unteren wärmeren Schichten sich gasförmig zu behaupten vermag. Sonach wird in den Abendstunden ein zweites Maximum auftreten, dann aber, indem die Temperatur fortwährend sinkt, eine Kondensation des gasförmigen Wasserdampfes und damit eine allmähliche Abnahme der Dampfmenge bis zum folgenden Morgen stattfinden.

Mit dem relativen Dampfgehalt verhält es sich umgekehrt. Zur Zeit des Sonnenaufganges, wo der absolute Gehalt am geringsten ist, hat der relative seinen gröfsten Wert. Die Luft ist dann am feuchtesten, insofern sie bei der gerade herrschenden Temperatur ihrem Sättigungspunkte am nächsten ist, wogegen sie in den wärmsten Tagesstunden die gröfste relative Trockenheit zeigen wird.

Die eben angeführten Veränderungen des absoluten Dampfgehaltes der Atmosphäre gelten nach Beobachtungen von Kämtz zunächst für Halle, oder überhaupt für Orte, denen ein Kontinentalklima zukommt. Anders verhält es sich für Orte mit einem Seeklima. So haben z. B. Beobachtungen von Neuber in Apenrade (an einem Meerbusen des kleinen Belt gelegen) gezeigt, dafs hier keine Abnahme der Dampfmenge um die Mittagszeit stattfindet, sondern dafs die Dampfmenge gleichzeitig mit der Wärme steigt und sinkt. Es kommt dies gröfstenteils daher, dafs hier infolge des Aufsteigens der Luftschichten über dem Lande von dem kühleren Meere her die mit Wasserdampf reichlich versehene Luft als Seewind nach dem Lande strömt, so dafs hier zur Zeit der gröfsten Tageswärme eine Vermehrung im Dampfgehalte der Luft herbeigeführt wird.

Auf hohen Bergen findet gleichfalls nur ein Maximum und ein Minimum im Dampfgehalte der Atmosphäre statt. Kämtz fand auf dem Rigi keine Abnahme der Dampfmenge um die Mittagszeit, wie dies in der Tiefe zu Zürich der Fall ist. Die Ursache davon ist die aus der Tiefe sich erhebende Luft, die den unten gebildeten Wasserdampf teilweise in die Höhe führt. Demgemäfs tritt auch auf dem Faulhorn das Maximum des absoluten Dampfgehaltes einige Stunden nach Mittag ein.

Der Dampfgehalt der Luft steigt und fällt im Laufe des Jahres mit der Temperatur, so dafs also die Verteilung der

Dampfmenge in der jährlichen Periode sich dem jährlichen Gange der Temperatur anschlieſst, und die Maximalwerte in die wärmsten Monate fallen.

Den mittleren Dampfgehalt der Luft für die einzelnen Monate des Jahres zu Halle zeigt nachstehende Tabelle von Kämtz.

Monate	Spannkraft des Wasserdampfes	Relative Feuchtigkeit
Januar	4,509mm	85,0
Februar	4,749	79,9
März	5,107	76,4
April	6,247	71,4
Mai	7,836	69,1
Juni	10,843	69,7
Juli	11,626	66,5
August	10,701	66,1
September	9,560	72,8
Oktober	7,868	78,9
November	5,644	85,3
December	5,599	86,2

Auf dem Festlande nimmt der Dampfgehalt im allgemeinen mit der Entfernung von den Meeresküsten ab, und zwar in Rücksicht Europas von der Westküste nach Osten hin.

48. *Einfluſs der Winde auf den Dampfgehalt der Atmosphäre.*

Es ist nicht zu verkennen, daſs die Luftströmungen, indem sie den Wasserdampf mit sich fortführen, einen wesentlichen Einfluſs auf den Dampfgehalt der Luft über dem festen Lande haben müssen. Wenn die Luft, welche mit der Meeresfläche in Berührung war, über den Kontinent strömt, so wird sie im allgemeinen den aufgenommenen Wasserdampf behalten, falls keine Niederschläge erfolgen; hingegen davon verlieren, wenn solche stattfinden. Die Bedingung des Niederschlages ist aber um so weniger vorhanden, je höher die Temperatur des Bodens, über welchen die Luft strömt, im Vergleich zu der des Meeres ist, wo das Wasser verdunstete. Dagegen wird ein Niederschlag desto eher zu erwarten sein, je tiefer die Temperatur des festen

Bodens unter die des Meeres herabsinkt. Daher wird im allgemeinen der Dampfgehalt der Atmosphäre über dem Meere und dem Lande wenig verschieden sein, wenn das Land, wie im Sommer, eine höhere Temperatur hat als das Meer, mit der Entfernung von der Küste über dem Lande aber abnehmen, wenn das letztere, wie im Winter, kälter ist als das Meer. Freilich können nun im Sommer wasserdampfreiche aufsteigende Luftströme zu starken Niederschlägen Anlafs geben.

In Anbetracht verschiedener Gegenden ist ein Einfluſs lokaler Verhältnisse auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft ersichtlich.*) Es gehört hierher der Umstand, ob der Luftstrom über einer flüssigen oder starren Grundlage zum Beobachtungsorte gelangt, ferner der Regen steigernde Einfluſs der Gebirge, der es mit sich bringen kann, daſs ein mit Wasserdampf reichlich versehener Luftstrom in seinem weiteren Lauf als ein relativ trockener Wind erscheint (s. S. 76.). Im nördlichen Deutschland macht sich namentlich in den wärmeren Jahreszeiten die Feuchtigkeit des vom Meere herkommenden NW. bemerklich.

49. *Thau, Reif und Eiswasserregen.*

Wenn ein Körper an seiner Oberfläche in der mit Wasserdämpfen gefüllten Luft bis zum Thaupunkt und weiter erkaltet, so setzen sich jene als feine Thautröpfchen darauf ab. Die Thaubildung geschieht also gewöhnlich, wenn die Körper bei heiterem Himmel durch Ausstrahlung ihrer Wärme unter die Temperatur der umgebenden Luft abgekühlt werden. Es besteht aber hierin bei verschiedenen Körpern ein merklicher Unterschied. Ein Körper beschlägt sich um so leichter mit Thau, je gröſser sein Strahlungsvermögen ist. In windstillen und wolkenlosen Nächten bildet sich der meiste Thau, weil dann die Wärme, welche die Körper durch Ausstrahlung verlieren, nicht so leicht wieder ersetzt werden kann. Alsdann ist der Feuchtigkeitsgehalt der Luft von Belang.

Fällt die Temperatur der Körper unter 0°, so erscheint der verdichtete Wasserdampf als Reif.

---

*) Vgl. Suhle, Über den Einfluſs der Windrichtung auf die Feuchtigkeit der Luft in Zeitschrift für die Gesamten Naturwissenschaften (1871), Bd. 4, S. 211.

Zu unterscheiden vom Reife und auch vom Glatteise, welches entsteht, wenn der unter 0° erkaltete Boden mit feineren wässerigen Niederschlägen in Berührung kommt, ist eine Eisbildung, die in Waldungen mitunter massenhaft auftritt, indem Zweige und Äste mit einer durchsichtigen Eisrinde bedeckt werden. Dieselbe entsteht dadurch, dafs unter 0° erkaltete Wasserteilchen gefrieren, wenn sie mit festen Körpern in Berührung kommen. In ungewöhnlicher Ausdehnung zeigte sich diese Erscheinung, der sog. Eiswasserregen, im November 1858 in verschiedenen Gegenden des Rheingebietes.*) Frühzeitig war eine starke Kälte mit dem Nordstrom eingetreten. Doch folgte bald in den oberen Schichten ein warmer Südwestwind, der an der Berührungsfläche mit dem kalten Nordwind erst einen kleinen Schneefall, dann einen Regen brachte, welcher durch den Nordstrom hindurchfiel, und sich dabei, ohne zu gefrieren, unter 0° abkühlte. Die Tropfen zerfielen, wenn sie auf irgend einen festen Körper trafen, in Eis und Wasser von 0° R. Das Thermometer zeigte im Freien stets ½ bis 1° über Null; sobald aber ein Tropfen die Kugel desselben berührte, erstarrte er teilweise zu Eis von 0° und das abfliefsende Wasser zeigte die nämliche Temperatur, woraus zu entnehmen ist, dafs der Regen selbst kälter als 0° gewesen. Den Umstand, dafs das frei aufgehangene Thermometer über Null stand, erklärte man sich aus einer Erwärmung des Nordwinds am Boden, so dafs also die kälteren Schichten höher lagen, bis zu jenen Schichten hin, wo der wärmere SW. eine höhere Temperatur herbeiführte.

Indessen kann sich auf Ästen und Zweigen von Bäumen, falls sie mit Schnee bedeckt sind, mitunter auch infolge wechselnden Aufthauens und Gefrierens desselben eine Eisrinde bilden.

50. *Nebel.*

Der Entstehung des Nebels liegt sehr oft eine Temperaturdifferenz zwischen der feuchten Erde oder einer Wasserfläche und der angrenzenden Luft zu Grunde. Ist nämlich die feuchte Erde oder das Wasser wärmer als die Luft, so kann der von jenen aufsteigende Dampf in der letzteren verdichtet wer-

*) Mohr: Poggend. Ann. Bd. CXXI, S. 637.

den und deshalb als Nebel erscheinen. Ist dagegen die Temperatur der Luft von der des Wassers wenig verschieden und enthält die Luft noch wenig Dämpfe, so kann sich der aufsteigende Dampf in ihr verbreiten, ohne Nebel zu bilden.

Die Nebel erzeugen sich, wie sich nach dem Angeführten erwarten läfst, vorzugsweise über Meeren, Seeen, Flüssen und feuchten Gründen, besonders im Herbst, wo der Boden noch verhältnismäfsig warm ist, und zwar meistens des Morgens, doch nicht selten auch schon in den späteren Abendstunden.

Ist die Temperatur der Luft unter 0°, so entsteht der sog. Frostdampf, ein aus feinen Eiskrystallen bestehender Nebel.

Wenn mit Dampf gesättigte Luft sich mit Luftschichten mischt, die durch Berührung mit einer kalten Wasser- oder Eisfläche abgekühlt sind, so mufs gleichfalls Nebel entstehen.

Überhaupt mufs in allen Fällen, in denen zwei wasserdampfhaltige Luftmassen von verschiedener Temperatur sich mischen, eine Verdichtung des Wasserdampfes stattfinden, sobald die Temperatur der Mischung unter den Thaupunkt zu liegen kommt. Die Spannkraft des Wasserdampfes, welche der Mitteltemperatur der beiden Luftmassen entspricht, ist bekanntlich immer geringer als das Mittel aus den Spannkräften des Dampfes in den vorher getrennten Luftmassen.

Die Häufigkeit der Nebel nimmt im allgemeinen mit der Höhe zu. Dieselben treten auf Gebirgen im ganzen häufiger auf als in Flachländern. Auch sind sie dort gleichmäfsiger auf die verschiedenen Jahreszeiten verteilt. Das Maximum fällt daselbst insgemein auf den Sommer. Dies gilt z. B. entschieden für den St. Gotthardt, wogegen in London, Cuxhaven, Hamburg, Berlin, Stuttgart und München die Nebel im Herbst und Winter ungleich häufiger als im Sommer sind.

Es giebt auch gewisse trockene, nicht aus Wasserkörperchen bestehende Nebel. Wir erinnern hier zunächst an den insgemein sogenannten Höhenrauch, der indefs in verschiedenen Gegenden noch mit besonderen Namen bezeichnet wird, als da sind: Haar-, Haide-, Land- Sonnen- und Moorrauch. Bei dem Auftreten dieses Nebels, der gewöhnlich durch einen brenzlichen Geruch charakterisiert ist, nimmt der Himmel eine schmutzig graue Färbung an, die in einer gewissen Höhe über dem Horizont in ein schmutziges Rotbraun übergeht. Entfernte Gegenstände erschei-

nen wie mit einem blauen Schleier bedeckt, und die Sonne nimmt, je mehr sie sich dem Horizont nähert, eine blutrote Färbung an. Sehr häufig hat man diesen Nebel im nordwestlichen Deutschland, nämlich in Hannover, in Westphalen, am Niederrhein und in Holland während der Monate Mai, Juni und Juli beobachtet. Derselbe rührt ohne Zweifel vom Moorbrennen her, bei welcher Gelegenheit enorme Massen von Rauch aufsteigen, die vom Winde weitergeführt werden. Anhaltende Landregen zur Zeit der Moorbrände verhindern das Auftreten des Höhenrauches, weil der Regen den Rauch verschluckt und so die Atmosphäre reinigt. Man kann es überhaupt als sicher ansehen, dafs der in Rede stehende Nebel, in welcher Ausdehnung er auch vorkommen mag, aus wirklichen Rauche besteht. Indessen ist nicht zu verkennen, dafs aufser den durch Verbrennungsprozesse in der Atmosphäre verbreiteten Kohlenteilchen noch andere Teilchen von den verschiedensten Substanzen ihren Beitrag zu trockenen Nebeln oder gewissen Arten des sog. Höhenrauches liefern können. Bekanntlich können ja bei trockener Witterung durch Winde sowohl vegetabilischer Staub als auch feine Teilchen mineralischer Stoffe in die Höhe gehoben werden und der Atmosphäre mehr oder weniger lange beigesellt bleiben. Es ist sogar möglich, dafs in heifsen und trockenen Sommern die Teilchen verschiedener starrer Substanzen nicht allein als blofser Staub, sondern zum Teil auch dampfförmig in die Atmosphäre aufsteigen. Vielleicht ist hierin ein trockener Nebel begründet, der jährlich fast den ganzen Sommer hindurch in manchen Gegenden Spaniens — in den heifsen Ebenen des Guadalquivir, der Mancha und in der Provinz Almeria — auftritt, daselbst „calina“ genannt und als Erzeugnis der Hitze betrachtet wird.*) Dieser Nebel bietet, was seine äufseren Merkmale betrifft, einige Ähnlichkeit mit dem zuvor betrachteten Höhenrauch dar, verrät jedoch nicht den eigentümlichen Geruch desselben, und zeigt auch sonst manches abweichende, was auf eine abweichende materielle und physikalische Beschaffenheit hindeutet. Man kann in Anbetracht dieses Nebels auch an eine eigentümliche, durch die Hitze bewirkte Beschaffenheit der Luft denken. Wir erinnern in dieser Beziehung an eine von Alexander Müller (Poggendorffs Annalen Bd. CVI, S. 289) dargelegte Ansicht über den Ursprung des Höhenrauches, die allerdings in der Weise, wie es von Müller geschieht, nicht generalisiert werden darf. Jedenfalls pafst diese Ansicht nicht auf unseren gewöhnlichen, oben besprochenen Höhenrauch. Müller betrachtet den Höhenrauch als Luft, welche durch zahlreiche darin suspendierte wärmere und daher verdünntere

*) s. Willkomm, Zwei Jahre in Spanien und Portugal S. 118.

Lufttröpfchen einen Teil ihrer Durchsichtigkeit eingebüßt habe. Reflektiert wird dabei auf das Zittern der Atmosphäre, wenn die Sonne auf weite Ackerflächen scheint, deren verschiedene Bestandteile gewiſs ungleich erwärmt werden. An den warmen Sandkörnchen eines von der Sonne beschienenen Ackerfeldes möge sich wohl erst eine dünne Schicht warmer und somit verdünnter Luft ansammeln, die allmählich in Lufttropfen sich vereinige und in solchen der kälteren Luft sich beimische. Unter diesen Umständen bildet sich also ein Gemenge von wärmerer, dünnerer und minder warmer, dichterer Luft. Die Lichtstrahlen müssen nun bei ihrem Durchgang durch ein solches Gemenge stärker und schwächer lichtbrechender Stoffe, wie Müller ferner bemerkt, reflektiert, zerstreut und gebeugt werden, und die Sonne müsse durch eine solche Luft gesehen, dieselbe braungelbe Färbung annehmen, wie wenn sie durch Beinglas oder durch halbkondensierten Wasserdampf dicht über dem Dampfrohr einer Lokomotive betrachtet wird. Auf solche Weise mögen in der That nebelartige Trübungen der Atmosphäre herbeigeführt werden. Wir rechnen hierher auch den Umstand, daſs in der wärmeren Jahreszeit bei trockener Witterung mitunter entfernte Gegenstände dem Beobachter verhüllt erscheinen. Hier läſst sich, abgesehen von Rauch- und Staubmassen, denken, daſs zwischen dem Beobachter und jenen Gegenständen infolge ungleicher Erhitzung der Erdoberfläche ein Gemenge ungleich warmer und dichter Luftmassen in relativ feiner Abstufung besteht. Indem nun innerhalb eines solchen Gemenges die von entfernten Gegenständen kommenden Lichtstrahlen mannigfach abgelenkt und zerstreut werden, bewirken sie auf der Netzhaut des Beobachters keine distinkten Bilder, daher denn die betreffenden Gegenstände nur undeutlich oder auch gar nicht zu erkennen sind.

51. *Wolken.*

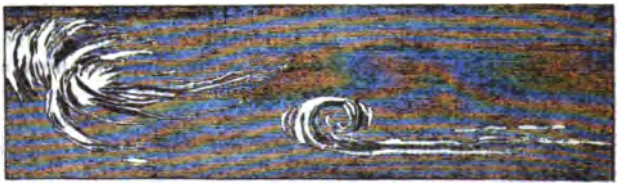
Wie die Nebel, so entstehen auch die Wolken infolge einer Überschreitung des Sättigungszustandes der Luft rücksichtlich des in ihr enthaltenen Wasserdampfes. Dies kann indeſs unter verschiedenen atmosphärischen Bedingungen auf verschiedene Weise geschehen, so namentlich durch vertikal sich erhebende Luftströmungen, aber auch durch horizontale Luftströme, die durch den Widerstand der Gebirge zum Aufsteigen genötigt werden. Wie die Nebel, so bringen auch die Wolken eine Trübung der Atmosphäre, mehr oder weniger je nach ihrer Dichte und Dicke. Vermöge der allseitigen Reflexion oder Zer-

streuung des Lichtes, welche von den Dunstkörperchen ausgeht, wird uns die Wolke sichtbar. Dünne Wolken lassen noch ziemlich viel Licht durch, so dafs dieselben, wenn sie vor die Sonne oder den hellen Mond kommen, unsichtbar werden können. Je dichter und dicker aber eine Wolke wird, desto mehr verschwindet das durchgelassene Licht gegen das reflektierte. Schweben mehrerer Wolkenschichten übereinander, so wird die untere, da sie im Schatten der oberen liegt, durch eine dunklere Färbung charakterisiert sein.

Es wurde nun zuerst von Luke Howard eine bestimmte Anzahl von Wolkenformen schärfer hervorgehoben und mit besonderen Namen belegt. Als drei Hauptformen unterscheidet man den Cirrus, Cumulus und Stratus.

Der Cirrus oder die Federwolke besteht dem Anscheine nach aus zarten Fasern, welche parallele oder divergierende Fäden, verworrene Streifen oder herabhängende Locken bilden. Diese Wolkenform tritt nicht selten, wenn nach

Fig. 17.



andauernd heiterer Witterung eine Veränderung stattfindet, zuerst auf, und zwar infolge eines wärmeren feuchten Luftstromes. Man rechnet hierher die sog. Windbäume, als vielfach verästelte Federwolken, deren Spitzen dem Winde zugekehrt sind. Die Cirri werden als die höchsten Wolkengebilde angesehen. Nach Beobachtungen, die A. und H. Schlagintweit auf den Alpen anstellten, schienen die obersten Cirri nahe 40000 Fufs zu erreichen. Kämtz schätzte die mittlere Höhe der Cirri für Deutschland und in Anbetracht des Sommers zu 20000 F. Dies ist aber eine Höhe, wo die Temperatur gewifs unter dem Gefrierpunkte steht, daher zu erwarten ist, dafs die Federwolken daselbst aus Eiskrystallen bestehen (s. Nr. 34). Freilich

werden im Sommer die in tiefere wärmere Luftschichten herabsinkenden Eiskrystalle durch Verdunstung in gasförmigen Wasserdampf sich umsetzen oder auch Wassertröpfchen bilden, falls nicht besondere Verhältnisse ein anderes bedingen. Indessen können Wassertröpfchen bei grofser Kälte, d. h. bei einer Temperatur, die tief unter dem Gefrierpunkt liegt, noch flüssig bleiben (Nr. 34).

Der Cumulus oder die Haufenwolke erscheint zur Zeit des Sommers in der Form halbkugelförmiger Haufen auf horizontaler Basis, bald in gröfserer, bald in geringerer Masse, nicht selten mit scharf begrenzten Rändern, entweder durchweg oder vorzugsweise an den Rändern weifs und in der Mitte dunkler erscheinend. Man betrachtet die Haufenwolken gewöhnlich als Folgen vertikal aufsteigender Luftströme, indem diese den Wasserdampf zu einer Höhe emporführen, wo er kondensiert wird. Dagegen hat man den Einwand erhoben, dafs die Cumuli sich nicht sowohl über trockenem, stärker erwärmtem Boden bilden, wie es jene Erklärung doch eigentlich verlange, sondern vielmehr über Bergen, Wäldern und Seeen, überhaupt über einer kühleren und feuchten Grundfläche. Gleichwohl dürfte zwischen jenen Luftströmen und dem Auftreten der Cumuli eine gewisse causale Beziehung obwalten. Über dem stärker erwärmten Boden erheben sich nämlich die Luftschichten in der Art, dafs in einer gewissen Höhe Luft seitlich abfliefst, während unten von der kühleren Grundfläche feuchtere Luft herbeiströmt, die dann weiterhin über jenem Boden ebenfalls erwärmt und emporgeführt wird. Indem nun über der kühleren Fläche Luft herabsinkt und zugleich in der Höhe von dem stärker erwärmten Boden her relativ feuchte Luft nach der kühleren Grundfläche hin abfliefst, mögen gerade über dieser Fläche günstige Bedingungen zu einer Kondensation des gasförmigen Wasserdampfes vorhanden sein. Indessen können über einer kühleren und feuchteren Grundfläche bei sonst heiterem Sommerwetter auch durch Süd- resp. Südwestwinde Wolken von der Art der Cumuli entstehen. — Gegen Abend verschwinden die Haufenwolken nicht selten

Fig. 18.

wieder, indem sie sich in der unteren wärmeren Atmosphäre auflösen, so dafs der Himmel zur Zeit des Sonnenunterganges wieder ganz heiter erscheint. Dies kann freilich nur geschehen, falls die untere Atmosphäre bezüglich des Wasserdampfes von ihrem Sättigungszustande noch hinreichend weit entfernt ist. Wenn die Haufenwolken gegen Abend sich erhalten, so sieht man zuweilen ein Lichtmeteor, das als sogenanntes Wasserziehen der Sonne bekannt ist. Indem nämlich die Sonne durch einige Lücken des Gewölkes hindurchscheint und die Atmosphäre beleuchtet, entstehen helle Streifen oder Säulen, sog. Dämmerungsstrahlen, die wenn die Sonne ein wenig über dem Horizont steht, dem Anschein nach von derselben ausgehen, hingegen, wenn die Sonne ein wenig unter dem Horizont steht, sich bogenförmig in die Atmosphäre erheben und hinter dem Gewölk gegen die Sonne hin sich zu vereinigen scheinen. Die von der Sonne ausgehenden, nach der entgegengesetzten Seite des Firmaments parallel untereinander hinfahrenden Strahlen werden durch Reflexion an den Dünsten der unteren Luftregion ebenso sichtbar, wie die in ein dunkles Zimmer eindringenden Lichtstrahlen durch Reflexion an den feinen in der Luft schwebenden Stäubchen. Die Konvergenz jener Strahlen beruht auf einer bekannten optischen Täuschung.

Der Stratus oder die Schichtwolke erscheint als eine oben und unten horizontal begrenzte Wolkenschicht, die jedoch an ihrer Oberfläche vielfache Hervorragungen oder Einbuchtungen darbietet. Es gehören hierher die Nebel, die nach Untergang der Sonne über Seeen, Flüssen und Wiesen lagern, ebenso die Nebel der Polarmeere. Nach Dove ist der Stratus häufig nur ein von ferne gesehener bedeckter Himmel. Derselbe kann als Wolkenstreif von einer Bergspitze ausgehen, an der er dann langgezogen zu verweilen scheint.

Ferner hat man noch folgende sog. Übergangsformen unterschieden.

a) Die fedrige Haufenwolke (cirro-cumulus), weifse, runde, häufig scharf begrenzte lockere Wölkchen, meist horizontal geordnet, in Deutschland hie und da unter den Namen der Schäfchen oder Lämmchen bekannt.

b) Fedrige Schichtwolke (cirro-stratus), horizontale Schichten, im Zenith als Schäfchen, am Horizont als Schichten von geringer Breite erscheinend. Diese Wolkenform entsteht nicht selten aus dem Cirrus, indem derselbe bei zunehmender Feuchtigkeit der Atmosphäre verwaschene Ränder und eine gröfsere Breite gewinnt, so dafs er einen beträchtlichen Teil des sichtbaren Himmels oder auch diesen ganz mit einem zarten Schleier überzieht. Häufig sieht man den Cirrostratus am westlichen Himmel als eine Wolkenbank auftreten, wenn Südwestwinde sich geltend machen. Allmählich verbreitet sich diese Wolkenmasse, indem sie nach dem Horizont hin einen tieferen graublauen Farbenton annimmt, weiter und überzieht endlich den ganzen sichtbaren Himmel. Mitunter bildet der Cirrostratus auch ganze Lagen wellenförmig gekrümmter Streifen. Öfter sieht man einzelne zerrissene Wolkenstücke über den ganzen Himmel verbreitet; dieselben gehen jedoch leicht in dichte Wolken über, die dann den ganzen Himmel grau erscheinen lassen. In der Nähe des Horizonts erscheinen die Cirrostrati als dichte Wolkenstreifen, welche Sonne und Mond verdecken, und beim Auf- und Untergange der Sonne sich in roten Farbentönen darbieten. Auch die langen schmalen Wolkenstreifen, die sich in Bogen gröfster Kreise mitunter über den ganzen Himmel hin erstrecken und deren oft mehrere von demselben Punkte auslaufend sich in einem anderen Punkte vereinigen, gehören hierher. Indessen sind sie in Wirklichkeit parallele Streifen, die nur wegen der grofsen Entfernung ihrer Enden zu convergieren scheinen, wie denn auch ihre Krümmung nur Folge einer optischen Täuschung ist.

c) Getürmte Haufenwolke (cumulo-stratus) durch Anhäufung dunkler Haufenwolken gebildet, vergröfsert sich auch

Fig. 19.

durch die über denselben befindlichen Federwolken. Dieselbe erscheint öfter als Gewitterwolke in der Form einer dunklen gebirgsähnlichen Maſse über dem Horizont.

d) **Regenwolke** (nimbus, cirro-cumulo-stratus), eine dunkle, weit ausgebreitete horizontale Wolkenmasse, deren Begrenzung faserig oder mehr oder weniger verwaschen ist.*)

Nach einer lange gehegten und weit verbreiteten Meinung bestehen Nebel und Wolken aus Wasser- (Dunst-)bläschen, die mit dampfhaltiger Luft gefüllt sind. Wegen ihrer feinen Verteilung bieten sie im Verhältnis zu ihrer Masse der Luft eine sehr groſse Oberfläche dar, weshalb sie nur langsam in der Atmosphäre herabsinken können. Dazu kommt noch Adhäsion zwischen den Dunstbläschen und Luftteilchen und die Wirkung warmer aufsteigender Luftströme. Gleiches gilt von den kleinen soliden Wassertröpfchen, welche den Dunstbläschen beigemengt sind. Indessen hat man gegen die Existenz solcher Bläschen in der Atmosphäre neuerdings einige beachtenswerte Bedenken geäuſsert**. Demzufolge bestehen die Wasserdünste in der Atmosphäre sämtlich aus gröſseren oder kleineren soliden Tröpfchen. Nebel und Wolken sind Gemenge aus solchen Tröpfchen, die in verschiedenen Wolken, wie auch innerhalb derselben Wolke von ungleicher Gröſse sind. Diese in der Atmosphäre schwebenden Tröpfchen überziehen sich mit einer mehr oder minder feinen Luftschicht, welche dem Zusammenflieſsen der Tröpfchen hinderlich ist. Letztere bilden infolge gegenseitiger Anziehung und Annäherung häufig zusammenhängende Konglomerate oder Komplexe, die sich dem Schaume auf Flüssigkeiten vergleichen lassen, nur daſs umgekehrt das Wasser den Inhalt und die Luft die Hülle bildet. Dem Fallen der Wasserkörperchen sind aufsteigende Luftströmungen und Adhäsionsverhältnisse hinderlich. Wie die Luft dem steigenden Wasserdampfe Widerstand leistet, so auch den fallenden Wassertropfen. Besondere, die Adhäsionsverhältnisse modifizierende Zustände der Luft können die Vereinigung der Tröpfchen zu gröſseren Tropfen und somit das Entstehen des Regens begünstigen. Sind erst einige Tropfen (aus einer Wolke) gefallen, so folgt der Regen bald reichlicher. Erinnert wird in dieser Beziehung an das plötzliche Zusammenflieſsen der Fettkügelchen beim Buttern;

*) Bezüglich der Unterscheidung verschiedener Wolkenformen s. ferner Weihrauch, Sur les formes des nuages. Copenhague et Paris 1881; Ley, Note on a proposed scheme of the upper clouds. London 1882; Poëy, Comment on observe le nuages pour prévoir les temps. Paris 1879.

**) Vglch. namentlich J. Kober in Poggend. Ann. Bd. 144, S. 395; ferner Plateau ebenda Bd. 145, S. 154; Waller, Philos. Magaz. t. 28. p. 100.

wie dieses sich schnell über die ganze Masse verbreitet, so ergreift der einmal entstandene Regen in kurzer Zeit die ganze Wolke.

Fassen wir nun den Verdunstungsprozefs des Wassers vom Standpunkte der heutigen mechanischen Wärmetheorie auf, so haben wir zu beachten, dafs der Begriff der Wärmemenge eines Körpers alle Bewegungsarten umfafst, deren die Molecüle desselben fähig sind. Namentlich sind hierher zu rechnen oscillatorische Bewegungen der Molecüle und ihrer Bestandteile um gewisse Gleichgewichtslagen, drehende Bewegungen der Molecüle um ihre Schwerpunkte und endlich fortschreitende Bewegungen der Molecüle. Diese letzte Bewegungsart hat im gasförmigen Aggregatzustande das Übergewicht über die oscillatorische Bewegung der die Molecüle konstituierenden Bestandteile, namentlich bei den einfacheren Gasen. Auch im tropfbarflüssigen Zustande kommen fortschreitende Bewegungen vor, indem die Molecüle sich aus gewissen Gleichgewichtslagen ganz fortbewegen, was jedoch nur unter Mitwirkung der von benachbarten Molecülen ausgehenden Kräfte geschieht, so dafs die flüssige Masse sich ungeachtet der in ihrem Innern stetig verlaufenden schwingenden, wälzenden und fortschreitenden Bewegungen im ganzen nicht trennt, sondern innerhalb eines gewissen Volumens bleibt. Doch bezieht sich der Umstand, dafs bei tropfbaren Flüssigkeiten die Molecüle die Anziehungssphäre ihrer benachbarten Molecüle nur verlassen, um in diejenige anderer überzutreten, blos auf den Mittelwert der Bewegungen, von welchem die Geschwindigkeiten einzelner Molecüle nach beiden Seiten innerhalb weiter Grenzen abweichen.*) An der Oberfläche einer Flüssigkeit können nun durch ein günstiges Zusammentreffen der verschiedenen Bewegungen einzelne Molecüle so stark von ihren Nachbarmolecülen fortgeschleudert werden, dafs sie aus der Wirkungssphäre der letzteren bereits heraus sind, ehe sie durch die zurückziehende Kraft derselben ihre Geschwindigkeit verloren haben. Mit solchen fortgeschleuderten Molecülen wird sich der über der Flüssigkeit befindliche Raum allmählich mehr und mehr füllen. Indessen kehren manche dieser Molecüle, indem sie gegeneinander stofsen, wieder zur Flüssigkeit zurück. Allmählich stellt sich in dem betreffenden Raume ein bewegliches Gleichgewicht heraus, welches vorhanden ist, wenn durchschnittlich in der Zeiteinheit ebenso viele Molecüle gegen die Flüssigkeitsoberfläche stofsen und von ihr festgehalten werden, als sie selbst Molecüle aussendet. Innerhalb der Atmosphäre sind nun die Wassermolecüle mannigfach in fortschreitender Bewegung begriffen. Dabei stofsen sie gegeneinander und gegen die Luftmolecüle, und prallen

*) Clausius: Poggendorffs Ann. Bd C. u. CV.

auch wieder voneinander zurück. Indessen wird bei allmählicher Temperaturerniedrigung, d. h. bei allmählicher Intensitätsabnahme der fortschreitenden Bewegung, die Abstofsung, welche die Wassermolecüle im Falle ihres Zusammentreffens gegeneinander ausüben, abnehmen, hingegen die wechselseitige Anziehung derselben wachsen, und zwischen beiden Kräften sich endlich ein gewisses Gleichgewichtsverhältnis herstellen, indem die Molecüle sich in immer engeren Schranken bewegen und schliefslich in gröfserer oder geringerer Anzahl zu bestimmten Gruppen zusammenfügen.*)

52. *Regen.*

Wenn die feinen Dunstkörperchen, aus denen die Wolken bestehen, bei fortschreitender Verdichtung des Wasserdampfes gröfser werden und auch zum Teil zusammenfliefsen (Nr. 51), so bilden sie endlich die eigentlichen Regentropfen, welche vermöge ihres Gewichtes herabfallen.

Der Schnee entsteht unter ähnlichen Verhältnissen, wie der Regen, nur dafs die Temperatur tiefer ist. Er besteht meist aus kleinen sechseckigen Sternchen, durch deren Aneinanderhängen sich die Schneeflocken bilden, deren Gestalt übrigens eine grofse Mannigfaltigkeit darbietet. Wenn die unteren Luftschichten eine höhere Temperatur haben, so thauen hier die Schneeflocken wieder auf. Es regnet unten, während es oben schneit.

In Bezug auf räumliche Ausdehnung unterscheidet man in Anbetracht der aufsertropischen Zone Strich- und Landregen, welche letztere bei verhältnismäfsig geringer Heftigkeit auf gröfsere Teile eines Kontinents sich erstrecken und mehr oder weniger andauernd sind. Diese Landregen werden durch südliche resp. südwestliche Luftströme gebracht, indem dieselben den Wasserdampf, den sie mit sich führen, während ihrer Fortbewegung von wärmeren zu kälteren Orten allmählich in tropfbarflüssiger Form verlieren. Diese Luftströme gehören den Windsystemen an, welche die früher betrachteten barometrischen Minima begleiten.

---

*) s. des Verf. Schrift „Zur Molecularphysik". Halle 1875. S. 26 f.

Gebirge und Gebirgsküsten haben einen entschiedenen Einfluſs auf die Vermehrung atmosphärischer Niederschläge. Die Gebirge verhindern die tieferen dampfreichen Luftschichten, dem herrschenden Winde zu folgen. Dadurch werden denn die letzteren genötigt, an den Gebirgswänden in die Höhe zu steigen und hier Niederschläge zu bilden. Die Vergröſserung der Regenmenge durch das Gebirge wird also vorzugsweise auf der dem feuchten Luftstrome zugekehrten Seite stattfinden. Wenn nun die Längenaxe des Gebirges mehr oder minder senkrecht auf der Hauptrichtung des feuchten warmen Luftstromes liegt, so werden reichliche Niederschläge am ganzen Fuſse des Gebirges erfolgen, und zwar besonders da, wo diesem eine weite erwärmte Ebene vorliegt, wie das Tiefland des Ganges dem Himalaya und die lombardische Ebene den Alpen, oder wo der Gebirgszug unmittelbar aus dem Meere sich erhebt, wie bei den Gates und dem nördlichen Teile der Apenninen. Hier werden die Regen in der Tiefe der Querthäler, die sich nach der Ebene öffnen, besonders stark, da der eindringende Luftstrom in ein sich immer mehr verengendes Bett eingezwängt wird, und wo sie sich an dem Gebirgsstock auskeilen, dem Strome jedes seitliche Ausweichen unmöglich machen. Ein bezeichnendes Beispiel dafür bietet Tolmezzo am Tagliamento in Friaul (Dove). Ist die Höhe eines Gebirges bedeutend, so veranlaſst es zu allen Jahreszeiten Niederschläge auf der dem Winde zugekehrten Seite, bei geringerer Höhe nur zu gewissen Zeiten. Man erkennt nämlich leicht, daſs die auf der Windseite gebildeten Wolken leichter auf die andere Seite eines niederen Gebirges gelangen, als eines hohen. Nun erfolgt im Herbst und Winter die Wolkenbildung bei der gröſseren relativen Feuchtigkeit der Luft niedriger als im Sommer. Daher bewirkt ein Gebirge, das nur etwas über 3000 Fuſs aufsteigt, bezüglich der schon in den unteren Schichten sehr feuchten Luftströme im Herbst und Winter eine viel stärkere Verdichtung, als in Rücksicht der trockenen Luft des Sommers, indem nämlich die hohen Sommerwolken unbehindert darüber hinwegziehen, wogegen die niedrigen Wolken des Spätherbstes und Winters durch dasselbe aufgehalten werden. Auf niedrigen Gebirgen deutet die einmal eingeleitete Wolkenbildung auf eine bereits in der Tiefe stattgefundene Feuchtigkeitszunahme,

so dafs ein Niederschlag wahrscheinlich wird. In dieser Beziehung gewähren denn auch solche Gebirge hie und da bestimmte Wetteranzeigen.

Infolge des Umstandes, dafs die von Süden herkommenden Luftströme allmählich immer westlicher werden, mufs in der gemäfsigten Zone der nördlichen Erdhälfte die Südwestseite die Wetterseite sein. Hiernach hat man die gröfste Menge des Niederschlages an der Westküste der Kontinente zu erwarten, und die mächtigsten Regen da, wo unmittelbar ein hohes Gebirge an der Küste sich erhebt, wie in Europa die skandinavischen Alpen, die in der Richtung von S. nach N. verlaufen. Indessen entsprechen sonst in Europa die Hauptgebirgsketten mehr der Richtung der Parallelkreise als der der Meridiane, weshalb denn auch daselbst auf der Südseite der Gebirge eine gröfsere Regenmenge fällt. Andere Verhältnisse finden sich wieder in Amerika, wo die Westküste des Kontinents von dem östlich gelegenen Gebiete durch die mehr oder weniger von Süd nach Nord laufenden Ketten der Felsgebirge getrennt ist.

In der Tropenzone, auf beiden Seiten des Äquators, zerfällt das Jahr für viele Orte in eine trockene und nasse Zeit. Je mehr sich die Sonne während der jährlichen Periode der Wärmeänderungen dem Zenith nähert, desto gröfser wird die Intensität der Erwärmung, welche die Bodenfläche an den betreffenden Orten erfährt, und desto bedeutender wird daselbst auch die Auflockerung der Luft. Es entstehen heftige Regengüsse unter starken elektrischen Entladungen. Diese bezeichnen den Eintritt der Regenzeit, deren Dauer in verschiedenen Gegenden ungleich ist. Der Himmel überzieht sich mit einem gleichförmigen Grau und der tägliche Regen, der bis gegen Abend währt, erreicht zur Mittagszeit, wo die Sonne im Zenith steht, oder im Laufe des Nachmittags seine gröfste Stärke. In der Nacht ist der Himmel meist heiter. Diese tropischen Regen sind also bedingt durch die Aufnahme des betreffenden Ortes in die Calmenregion, jenen heifsen Gürtel, welcher die Grenze bildet zwischen der von der nördlichen und südlichen Erdhälfte horizontal zuströmenden kälteren Luft (Nr. 41). Die in demselben täglich sich erhebenden Luftmassen führen die Wasserdämpfe aus der wärmeren Tiefe in die höhere Atmosphäre, wo

sie kondensiert werden. In der Calmenregion herrschen daher Regen, während nördlich und südlich von ihr im Gebiete der unteren Passate, die stets im Verhältnis zur obwaltenden Temperatur trockene Luft aus höheren Breiten zuführen, heiteres Wetter besteht. Nun ist aber die Calmenregion in Hinsicht auf ihre Lage und Grenzen veränderlich; sie verschiebt sich nach Nord oder Süd, je nachdem die Sonne nördlich oder südlich dekliniert. Dabei geschieht es, dafs Orte, die vorher im Passat lagen, vorübergehend in die Gegend der Calmen aufgenommen werden. Diese Orte haben dann ihre Regenzeit bei höchstem Sonnenstande, dagegen ihre trockene Zeit bei tieferem Sonnenstande, während sie dem unteren Passate ausgesetzt sind. Danach wird die Dauer der tropischen Regen für einen Ort von der Dauer seines Verweilens in der Calmenregion abhängen. Diese Dauer ist aber bedingt durch die Breite der eben bezeichneten Zone und durch die Gröfse ihrer Verschiebung in der jährlichen Periode. Da nun die Verschiebung der Calmenregion in den einzelnen Jahren nicht immer in gleichem Mafse und auch nicht immer in gleicher Weise erfolgt, so werden auch der Anfang und das Ende der Regenzeit, sowie die Menge des herabfallenden Regens nicht ganz unveränderlich sein.

Einige Gegenden der Tropenzone, für welche die Sonne zweimal im Jahre durch das Zenith geht, haben der Verschiebung der Calmenregion gemäfs zwei Regenzeiten. Indessen bieten die Regenverhältnisse der Tropenzone hie und da lokale Modifikationen dar, die teils von lokalen Temperaturunterschieden zwischen Land und Meer, teils von Erhebungen der Erdoberfläche bedingt sind. Auch der untere Passat kann, wenn er durch ein Gebirge zum Aufsteigen genötigt wird, durch Kondensation seines Wasserdampfes Niederschläge liefern.

Die Regen, welche im indischen Ocean und südlichen Asien bei höchstem Sonnenstande eintreten, sind Folgen des Südwest-Monsun (Nr. 42), der namentlich am Südabhange der Ghates und des Himalaya in immer erneuerten Niederschlägen den ihn begleitenden Wasserdampf verliert und dadurch Regen veranlafst, gegen deren Mächtigkeit die zuvor betrachteten tropischen Regen erheblich zurückstehen.

Im Gegensatze zu den tropischen Regen, die an der

inneren Berührungsgrenze der beiden unteren Passate durch vertikal aufsteigende Luftmassen entstehen, nennt man die an den äufseren Grenzen dieser Passate bei niedrigstem Sonnenstande erfolgenden Niederschläge subtropische Regen. An den Grenzen der Tropen giebt es also eine Winterregenzeit, während die Sonne rücksichtlich der betreffenden Orte nach der entgegengesetzten Seite des Äquator abweicht. Zu dieser subtropischen Zone gehören Nord-Afrika, das südliche Spanien und Portugal und Unter-Italien (Sizilien und Kalabrien). Weiter nördlich von dieser Zone, in den nördlichen Küstenländern des mittelländischen Meeres, findet man ein Maximum des Regens zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche und ein zweites zur Zeit der Herbstnachtgleiche. Während aber Süd-Europa (südlich von den Alpen) vom Juni bis August einen fast regenlosen Sommer hat, wird das mittlere und östliche Europa infolge des Vorwaltens südwestlicher und westlicher Luftströme von mehr oder weniger heftigen Niederschlägen heimgesucht. Die Gesamtheit der Regenverhältnisse der gemäfsigten Zone faſste bereits Dove bezüglich Europas unter dem Gesichtspunkte zusammen, dafs die Winterregenzeit an den Grenzen der Tropen, je weiter man sich von diesen entfernt, immer mehr in zwei durch schwächere Niederschläge verbundene Maxima auseinander tritt, welche in Deutschland in ein Sommermaximum wieder zusammenfallen. In Italien fallen die Maxima wegen des Einflusses der Alpen, mehr in den März und Oktober, als in Frankreich, wo sie nach dem Sommer hin zusammenrücken, und sich wesentlich nach der Öffnung der Thäler richten. Im Fortschreiten nach Norden verschwindet das schon in Frankreich schwächere Frühlingsmaximum endlich ganz, während das Herbstmaximum sich erhält, das an der Westküste Grofsbrittanniens in den Regenkurven allein hervortritt. Die Abnahme der Regenmenge erfolgt in Irland von der Westküste nach der Ostküste hin allmählich. Indessen ist hier die Lage der Gebirgszüge, wie Lloyd gezeigt hat, in Beziehung auf die Stelle, wo das Regenwasser sich vorzugsweise sammelt, das Bestimmende. Seine Menge ist am erheblichsten, wo nach Nordost ein Gebirge vorliegt; viel unbedeutender, wo dieses in Südwest vorliegt. In England wiederholen sich dieselben Verhältnisse in gröfserem Mafsstabe. Während übrigens England und Wales ein Maximum

des Regens im Herbst haben, zeigt Schottland ein solches im Winter. Was Deutschland insbesondere betrifft, so lassen sich für dasselbe, wie namentlich Hellmann im Hinblick auf längere Beobachtungsreihen näher dargelegt hat, zwei Sommer-Maxima des Regens unterscheiden. Bekanntlich beginnt die Sommerregenzeit für Nord-Deutschland gewöhnlich in der zweiten Hälfte des Juni. Das erste Maximum fällt nun, besonders hinsichtlich der Regenhäufigkeit auf den Anfang des Juli, das zweite Maximum der Regenmenge aber meist auf die Mitte des August.*)

Die mittlere Regenmenge nimmt im allgemeinen vom Äquator nach den Polen hin ab. Ausnahmen werden nicht selten herbeigeführt durch lokale, den Regen steigernde Modifikationen, welche in dem Lagenverhältnisse des Landes zum Meere und in dem Einflusse der Gebirge begründet sind. Im Übrigen hat sich eine Abnahme der mittleren Regenmenge vom Äquator nach dem Pole hin im allgemeinen ergeben. Nach einer bereits von Arago vorgenommenen Zusammenstellung fällt jährlich zwischen 0° und 25° N. Br. eine Regenmenge = 75 Zoll, zwischen 25° und 40° N. Br. = 35 Zoll, von 40 bis 50° N. Br. = 25 Zoll, von 50 bis 60° N. Br. = 15 Zoll. Umgekehrt verhält es sich im allgemeinen mit der Anzahl der Regentage, wenn man von der sehr regenreichen Zone in der Nähe des Äquators absieht. Nach Schouw beträgt die Anzahl der Regentage für Süd-Italien 71, für das Thal des Po 88, für die ungarische Ebene 112, für Nord-Frankreich und Belgien 152, für die deutsche Ebene 154, für Holland 170; woraus also eine Zunahme mit der geographischen Breite erhellt. Durchschnittlich rechnet man auf das Jahr im südlichen Europa 120 Regentage, im mittleren 146 und im nördlichen 180. Im Innern der grofsen Kontinente von Asien nimmt ihre Zahl ab, so dafs man in Irkutzk auf das Jahr nur 62 Regentage rechnet, von denen etwa 25 auf den Sommer und 6 auf den Winter kommen.

Auf der offenen See regnet es weniger als in der Nähe des Landes oder der Inseln. Sehr mächtige Niederschläge finden da statt, wo ein wärmeres Meer eine kältere Küste bespült. —

*) Bezüglich der geographischen Verteilung des Regens, s. Mühry, Allgemeine geographische Meteorologie etc., 1860, S. 145; besonders Wojeikoff: Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie, Jahrg. 1, S. 189 u. 258; Krümmel: Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin, Bd. 13, S. 97; von Möllendorf, Die Regenverhältnisse Deutschlands, Görlitz 1855; van Bebber, Die Regenverhältnisse Deutschlands, München 1877; Töpfer, Untersuchungen über die Regenverhältnisse Deutschlands, Görlitz 1884.

Das Regenwasser bringt zu manchen Zeiten mancherlei fremdartige Stoffe mit herab. So organische, namentlich Blüten- und Samenstaub verschiedener Pflanzen. Sonst enthält es, abgesehen von Staubteilchen, zu jeder Zeit Kohlensäure und kohlensaures Ammoniak. Im Regenwasser der Gewitter fand man auch geringe Mengen von Salpetersäure. Am reinsten ist das Regenwasser im März und April.

53. *Riesel und Hagel.*

Die Riesel oder Graupeln erscheinen als kleine (1—2 Linien starke) Kügelchen, welche aus zusammengefrorenen Schneeflocken bestehen, die infolge einer rotatorischen Bewegung eine kugelförmige Gestalt erhalten. Sie fallen in der nördlichen gemäfsigten Zone am häufigsten im April und Mai in Begleitung von Regen und Schnee.

Der Hagel besteht aus Körnern von sehr verschiedenem Durchmesser, der in mittleren Breiten höchstens $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{3}{4}$ oder 2 Zoll beträgt. Sie haben einen weifsen Kern, der von einer durchsichtigen Eisschale umgeben ist, welche nicht selten aus mehreren concentrischen Schichten besteht. Die Gestalt der Körner ist kugelig, die der gröfseren birn- oder pilzförmig. Häufig kommt die Gestalt dreiseitiger Kugelsegmente vor.

Die eigentliche Hagelzone, worin der Hagel häufiger als anderwärts auftritt, liegt auf der nördlichen Erdhälfte zwischen 30° und 60° der Breite. Besonders häufig scheint derselbe zwischen dem 40 und 55° vorzukommen. In diesem Raume werden jedoch wieder gewisse Striche und Gegenden vorzugsweise heimgesucht. Nach einer Bemerkung von de Saussure soll in Ebenen, die am Fufse hoher Berge liegen, der Hagel in einer gewissen Entfernung von den letzteren stärker und häufiger auftreten als in andern gröfseren oder kleineren Entfernungen. Wo die Thäler der Alpen aus dem Gebirge, das sie hoch und steil umschliefst, hervorkommen, breitet sich die Fläche gewöhnlich zu einem Hügellande aus, welches gegen die vorige Enge als eine Ebene erscheint. Solche Flächen in der Nähe hoher Gebirge werden häufig von Hagel getroffen.

In den grofsen Hauptthälern der Alpen kommt der Hagel im ganzen selten vor, wogegen er in der grofsen zwischen dem

Jura und den Alpen liegenden Einsenkung häufig ist, ebenso an den Geländen in der Nähe des Jura oder an den Ausgängen der grofsen Alpenthäler. Nach Wahrnehmungen, die man in Frankreich machte, werden die Gebirgsgegenden, wie die Auvergne, die Umgebung der Pyrenäen etc. mehr von Hagelschlägen heimgesucht, als die grofsen Ebenen. Wie sehr das lokale Vorkommen des Hagels mitunter durch dem Anscheine nach geringfügige Umstände bedingt ist, zeigt auffällig der Ort Casalbero in der Provinz degl'Irpini in Neapel. Dieser Ort war frei vom Hagelschlage, so lange ein gegen NW. befindlicher Bergrücken bewaldet war. Seitdem aber der Abhang entwaldet ist, soll es dort fast jedes Jahr hageln.

In Europa nimmt die Zahl der Hagelfälle von West nach Ost, entsprechend den Regenmengen ab.*)

Der Hagel dehnt sich meist über einen schmalen, aber nicht selten sehr langen Strich aus. Derselbe erscheint vornehmlich im Sommer, meist unter elektrischen Entladungen. An eine bestimmte Tageszeit ist seine Erscheinung nicht gebunden. Doch hagelt es während der Nacht seltener als zu den übrigen Tageszeiten. Das Maximum fällt auf den Nachmittag. Die Wolken, aus denen die Hagelkörner herabfallen, haben einen eigentümlichen aschgrauen Farbenton, unregelmäfsige Anschwellungen auf der Oberfläche, vielfach zerrissene, mit einem Cirrusfilz versehene Ränder, und dem Anschein nach auch meist eine grofse Dicke. Oft zeigen diese Wolken, wie die Sand- und Wasserhosen einen traubenartigen Schlauch, welcher sich während des Fortganges tiefer herabsenkt und endlich fast die Erde berührt, ehe der Hagel aus ihm hervorbricht. Erfahrungsmäfsig sind auch die Wettersäulen nicht selten von Hagel begleitet.

Besteht nun eine solche Wettersäule in einem aufsteigenden Luftstrome (Nr. 45), so können Wasserdämpfe und bereits vorhandene Wassertröpfchen zu einer Höhe empor geführt werden, wo sie in die starre Aggregatform übergehen müssen; daher es denn an Material zur Hagelbildung unter sonst geeigneten atmosphärischen Bedingungen nicht fehlen kann. Man hat auch hinsicht-

*) s. Fritz, Die geographische Verteilung des Hagels: Petermann's geographische Mitteilungen, 1876, S. 362. Vergleiche auch v. Danckelmann, Regen, Hagel und Gewitter im indischen Ocean. Hamburg 1880.

lich der Entstehung des Hagels an eine Temperaturerniedrigung durch eine rasche Wirbelbewegung und damit verknüpfte Luftverdünnung längs der Axe des Wirbels gedacht. Die solchergestalt bewirkte Temperaturerniedrigung soll die mit in Rotation begriffenen Wassertropfchen zum Gefrieren bringen. Übrigens erachtet Ferrel die Intensität des Luftstromes, welcher in der Axe eines von Hagel begleiteten Tornados aufsteigt, als so erheblich, dafs Regentropfen und Hagelkörner nicht blos schwebend erhalten, sondern auch emporgehoben werden, so dafs die Niederschläge nur in der Umgebung des Tornados stattfinden. Die ungemeine Gröfse mancher Hagelkörner sieht Ferrel in dem Umstande begründet, dafs Hagelkörner, welche durch den aufsteigenden Luftstrom empor gehoben und oben nach aufsen fortgeschleudert wurden, beim Herabsinken in einem unteren Teile des Tornados der Axe sich wieder nähern. Indem sie so den Innenraum der Trombe, der mit Tropfen überkalteten Regens oder auch mit kleinen Hagelkörnchen angefüllt ist, und die Nebelregion der Umgebung wiederholt durchwandern, entstehen gröfsere Hagelkörner, welche wechselnd Schichten von solidem Eise und Schnee darbieten.

Über die mikroskopische Struktur der Hagelkörner stellte Flögel*) in Kiel (gelegentlich eines daselbst am 10. September 1870 stattgefundenen Hagelfalles) einige Untersuchungen an. Die Mehrzahl der Körner hatte die gewöhnliche kegelförmige Gestalt mit einem Kugelabschnitte als Basis. An dieser convexen Grundfläche zeigten viele der sonst undurchsichtigen weissen Körner einen concentrischen Überzug von glashellem Eise, dessen Dicke an den verschiedenen Körnern sehr ungleich war. Die klare Eismasse liefs unter dem Mikroskope eine gewisse Anzahl äufserst feiner Linien erkennen, welche in den mannigfachsten Formen gebogen waren. Solche Linien fanden sich auch in der undurchsichtigen Masse und bekundeten eine Zusammensetzung der gröfseren Masse aus kleineren Eisstückchen. Jedes dieser Stückchen enthielt eine Anzahl kugeliger Räume, welche mit Wasser angefüllt waren, und in jedem Wassertropfen befand sich wieder eine viel kleinere Luftblase. Demnach beruhte die Undurchsichtigkeit der Eiskegel auf den verschiedenen Brechungskoefficienten der genannten drei Bestandteile. In dem Eiskegel zusammengeklebte Schneemassen erblicken zu wollen, möchte, wie Flögel hervorhebt,

*) Poggend. Ann. Bd. 146, S. 482.

unzulässig sein, da nirgends etwas von der bekannten geradlinigen Begrenzung und den Krystallwinkeln des Schnees zu finden war. Das im Innern der Eisstücke zurückgebliebene Wasser stand vermutlich unter hohem Drucke und mochte durch die äufsere feste Eismasse infolge schneller Erstarrung am Krystallisieren gehindert worden sein. — Hagelkörner von sehr ungewöhnlicher Gestalt fielen am 9. Juni 1869 fünf Meilen südwestlich von Tiflis unter 41° 10′ N. Br. und 62° 19′ O. L., wo sich eine meteorologische Station (3787 F. über dem Meere) befindet. Fast bei allen Eiskörpern zeigte sich eine sphäroidale Kernmasse mit einer dieselbe teilweise überkleidenden krystallinischen Bildung, die auf zwei verschiedene Phasen des Bildungsaktes der betreffenden Hagelkörner zu deuten ist. Der centrale Teil des Hagelkornes stellte einen sphäroidalen, in der Mitte gleichmäfsig von beiden Seiten schwach eingedrückten Körper von reinem, aber wegen eingeschlossener feiner Luftblasen nur schwach durchsichtigem Eise dar. Von gleicher Beschaffenheit erschien das Eis des mittleren, von einer mehr oder weniger breiten weisslichen Zone umgebenen Kerns. Aus diesem etwas opaken Kerne traten unter einem Winkel von 60° von einander getrennte schmale, ebenfalls weifslich schimmernde Radien zur Peripherie der Sphäroide. Der zwischen den sechs Radien befindliche Raum zeigte fast reines Eis. Auf den mehr oder weniger zusammengedrückten sphäroidalen Centralkörpern erhoben sich nun, vorzugsweise innerhalb der Zone gröfster Kreise des Sphäroids, teils vereinzelte, teils dicht zusammengedrängte Krystalle von reinem durchsichtigem Eise, in welchen das rhomboëdrische System in mannigfachen Abänderungen deutlich repräsentiert erschien. Näheres darüber s. in Poggend. Ann. Bd. 146. S. 475.

C. Atmosphärischer Luftdruck.

54. *Barometerstand.*

Wir haben in unseren bisherigen Betrachtungen schon gar oft auf den atmosphärischen Luftdruck Bedacht genommen. Es möge hier noch einiges Nähere über die Veränderungen desselben folgen.

Bekanntlich läfst sich der Druck der atmosphärischen Luft an irgend einem Orte der Erde durch die Höhe einer Quecksilbersäule messen, mit deren Gewicht jener Druck im Gleichgewichte steht. Es kommt also darauf an, die Höhe der betreffenden Quecksilbersäule möglichst frei von störenden Ein-

flüssen zu erkennen. Zunächst sind diejenigen Veränderungen des Barometerstandes zu eliminieren, welche aus einer Temperaturveränderung des Quecksilbers hervorgehen. Solches geschieht, indem man die Barometerbeobachtungen alle auf dieselbe Quecksilbertemperatur (0°) reduziert. Diese Reduktion ist aber leicht vorzunehmen, da man den Ausdehnungskoëffizienten des Quecksilbers für eine Temperaturveränderung von 1° kennt. Eine andere Korrektion betrifft die längs der Erdoberfläche vom Äquator nach dem Pole hin, veränderliche Intensität der Schwere (s. S. 9). Aufserdem sind die an verschiedenen Orten beobachteten Barometerstände, um sie untereinander vergleichbar zu machen, wie bereits hervorgehoben ist, auf den Meeresspiegel zu reduzieren.

Als Mafs des atmosphärischen Druckes dient gewöhnlich die Höhe einer auf 0° reduzierten Quecksilbersäule, deren Gewicht am Meeresspiegel unter 45° Breite dem Luftdruck das Gleichgewicht hält. Man bezeichnet diesen Druck, der 10333 Kilogramm pro Quadratmeter beträgt, schlechthin als eine Atmosphäre.

55. *Täglicher Gang des atmosphärischen Druckes.*

Unter den Tropen zeigt schon eine kurze Beobachtungszeit, dafs die Veränderungen des Barometerstandes eine bestimmte tägliche Periode befolgen, und zwar dergestalt, dafs im Laufe eines Tages zwei Maxima und zwei Minima hervortreten; erstere um etwa 9—10 Uhr morgens und abends. In höheren Breiten erscheinen die Schwankungen des Barometers sehr unregelmäfsig, doch stellt sich auch hier jene Periode heraus, wenn man das Barometer längere Zeit hindurch von Stunde zu Stunde beobachtet und aus allen successiv zu derselben Stunde beobachteten Barometerhöhen das arithmetische Mittel nimmt. Für die nördliche Halbkugel hat sich im Durchschnitt ergeben, dafs der Luftdruck des morgens gegen 4 Uhr ein Minimum erreicht, von hier an steigt bis etwa 10 Uhr morgens, wo ein Maximum eintritt, dann wieder abnimmt bis zu einem zweiten Minimum gegen 4 Uhr nachmittags, um von hier bis gegen 10 Uhr abends zu

steigen. Von diesem zweiten Maximum an findet dann wieder eine Abnahme bis zu jenem Morgenminimum statt.

Die verschiedenen Jahreszeiten bringen eine Veränderung der Wendestunden mit sich, so dafs die letzteren im Winter abends und morgens ein bis zwei Stunden näher an Mittag fallen als im Sommer.

Die Gröfse oder den Spielraum der täglichen Barometerschwankungen erhält man, wenn man den niedrigsten Barometerstand eines Tages von dem höchsten desselben Tages abzieht, oder nach Kämtz, wenn man das arithmetische Mittel aus den beiden Minimis von dem Mittel der beiden Maxima abzieht. Diese Differenz ist die mittlere tägliche Oscillation des Luftdruckes. Sie ist unter dem Äquator am gröfsten und nimmt mit wachsender Breite ab. Auch ist sie im Winter kleiner als in den übrigen Jahreszeiten. Mit zunehmender Höhe über der Meeresfläche nimmt sie ebenfalls ab. So ist nach Kämtz die Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Barometerstand in Zürich 1,56^{mm}, auf dem Faulhorn aber nur 1,09^{mm}. Zugleich ist der tägliche Gang auf grofsen isolierten Höhen ein anderer. So findet auf dem Rigi eine Zunahme des Luftdruckes gegen Mittag hin statt, so dafs das Maximum daselbst erst um 2 Uhr nachmittags auftritt. Ähnliches ergab sich auf dem Faulhorn, wo ein Maximum erst um 3 Uhr Nachmittags zur Erscheinung kommt. Es zeigt sich hier nur ein entschiedenes Maximum und ein entschiedenes Minimum.

Auch nach neueren Beobachtungen mittelst Aneroid-Barographen sinkt im Gegensatze zum Tieflande auf Berggipfeln das Barometer nachmittags nicht erheblich. Dagegen steht es in den ersten Frühstunden (4 — 6 Uhr) am tiefsten, während es abends (9—10 Uhr) um so höher steht, je höher der Berg ist. In Gebirgsthälern sinkt es nachmittags am meisten, hält sich aber in den Nachtstunden ziemlich gleichmäfsig. *)

Den mittleren Barometerstand eines Tages bestimmt man dadurch, dafs man das Barometer zur Zeit des Maximum am Morgen und zur Zeit des Minimum am Abend beobachtet und

*) s. J. Pernter: Mitteilungen des deutschen und österreichischen Alpenvereins, 1881, S. 293 f.

aus diesen Beobachtungen das Mittel nimmt, oder statt dessen aus den Beobachtungen um 6 Uhr morgens, und 2 und 10 Uhr abends.

56. *Jährlicher Gang des atmosphärischen Druckes.*

Der mittlere jährliche Gang der Barometerschwankungen ergiebt sich, wenn man den mittleren Barometerstand für die verschiedenen Monate des Jahres bestimmt Es zeigt sich dann, dafs der Barometerstand in niederen Breiten, an nördlich vom Äquator gelegenen Orten, ein Maximum im Januar, ein Minimum im Juli erreicht, oder dafs das Barometer überhaupt in den monatlichen Mitteln steigt und fällt, so wie die Temperatur in ihrem jährlichen Gange ab- und zunimmt. In gröfserer Entfernung vom Äquator verrät der Luftdruck an vielen Orten eine doppelte Periode. Von dem Maximum im Winter fällt derselbe nach dem Frühjahr hin, so dafs z. B. für Paris, Strafsburg, Halle und Berlin ein Minimum im April eintritt, worauf er durch den Sommer hin wieder gröfsere Werte erreicht, die freilich nicht dem Maximum im Winter gleichkommen. Der Herbst zeigt eine Annäherung an ein zweites Minimum (im November). Für Petersburg jedoch bemerkt man in den Sommermonaten kein neues Steigen des atmosphärischen Druckes, vielmehr eine Verminderung desselben zur Zeit des heifsesten Monates, was noch mehr in Moskau, Kasan und noch entschiedener in Catharinenburg, Barnaul, Irkutzk, Nertschink, Jakutzk, Udski, am augenfälligsten aber in Peking und Chusan hervortritt. Im Innern von Russland und Asien giebt es also ein Sommerminimum des atmosphärischen Druckes. Von Calcutta nach Madras hin wird dasselbe schon merklich schwächer, und rückt zugleich mehr nach dem Frühling.

Auch das Innere Nordamerikas bietet ein Maximum des atmosphärischen Druckes im Winter, ein Minimnm im Sommer; doch ist die Differenz hier geringer als im Innern Asiens. Island besitzt ein Maximum des Druckes im Frühjahr (Mai), ein Minimum im Winter (Januar).

Die Verteilung des atmosphärischen Druckes auf der Erdoberfläche wird näher veranschaulicht durch die von A. Buchan begründeten isobarischen Linien (Isobaren), welche durch

Orte gleichen Druckes gehen. Man erhält diese Linien, wenn man für viele Orte der Erdoberfläche den, auf den Meeresspiegel reduzierten, mittleren Barometerstand der verschiedenen Monate bestimmt und dann rücksichtlich jedes einzelnen Monats die Orte, welche gleichen Luftdruck darbieten, durch Linien miteinander verbindet.

57. *Mittlere monatliche Veränderungen des atmosphärischen Druckes.*

Die unregelmäfsigen Veränderungen des atmosphärischen Druckes einzelner Beobachtungsorte sind diejenigen, welche nicht eine bestimmte wiederkehrende Periode einhalten. Vergleichbare Bestimmungen über diese Schwankungen lassen sich durch die Kenntnis des Unterschiedes zwischen dem höchsten und niedrigsten Barometerstande in den einzelnen Monaten erhalten. Nimmt man nun, nachdem die Beobachtungen mehrere Jahre lang fortgesetzt sind, aus den Differenzen, welche den einzelnen Monaten entsprechen, die arithmetischen Mittel, so erfährt man die Grenzen, zwischen welchen in den einzelnen Monaten die Oscillationen des Barometers liegen. Wenn man endlich aus den Bestimmungen, die auf diese Weise für alle zwölf Monate des Jahres gefunden sind, das Mittel nimmt, so ergiebt sich der Spielraum der mittleren monatlichen Extreme im Stande des Barometers. Dieser Spielraum oder die mittlere monatliche Barometeroscillation, die als Mafs der unregelmäfsigen Änderungen des Luftdruckes gilt, nimmt zu, je mehr man sich vom Äquator entfernt, wie folgende von Kämtz berechnete Tabelle zeigt

Breite	Zahl der Orte	Spielraum
0 — 10°	1	1‴,32
10 — 20	2	2 ,13
20 — 30	5	3 ,74
30 — 40	8	6 ,00
40 — 50	25	9 ,23
50 — 60	29	11 ,60
60 — 70	6	13 ,68

Aus der nachstehenden Tabelle geht hervor, dafs der Spielraum im Winter gröfser als im Sommer ist.

Breite	Winter	Sommer
0 — 10°	1‴,24	1‴,20
10 — 20	2 ,23	1 ,85
20 — 30	4 ,44	2 ,79
30 — 40	7 ,41	4 ,47
40 — 50	11 ,99	6 ,26
50 — 60	14 ,63	8 ,28
60 — 70	15 ,78	9 ,45

58. *Einfluss der Temperatur und des Wasserdampfes auf die Veränderungen des atmosphärischen Druckes.*

Es ist zu erwarten, daſs die Temperaturveränderungen einen bestimmten Anteil an den Schwankungen des Barometerstandes haben. Wenn an einem Orte nach Aufgang der Sonne die Erdoberfläche sich stärker erwärmt, und auch die unteren Luftschichten durch Rückstrahlung der Wärme von Seiten des Bodens eine Temperaturerhöhung erfahren, so ist es möglich, daſs das Barometer vermöge der gesteigerten Spannkraft der Luft steigt, weiterhin aber, indem die Luft über dem Orte oben seitlich abflieſst, allmählich mehr und mehr sinkt. Gegen Abend, nach dem Maximum der Tageswärme, ziehen sich die Luftschichten wieder zusammen, was mit einer Zunahme des Luftdruckes verbunden ist. Freilich sollte nun bei fortschreitender nächtlicher Abkühlung das zweite Maximum des Barometerstandes gegen Morgen hin eintreten, was indeſs, wie wir wissen, nicht der Fall ist (Nr. 55). Die tägliche Periode der Barometerschwankungen läſst sich also auf die eben bezeichnete Weise nicht vollständig erklären. Um das doppelte Maximum und Minimum des Barometerstandes (im Laufe des Tages) begreiflich zu machen, hat man noch auf einen Einfluſs des atmosphärischen Wasserdampfes reflektiert. Die atmosphärische Luft enthält jederzeit Wasserdampf, dessen Spannkraft sich zu derjenigen der Luft hinzu gesellt. Dies gehieht aber nur so lange, als der Dampf sich wie ein Gas verhält und mit der Luft ein inniges Gemenge bildet. Wird er in irgend einer anderen Form verdichtet, so fällt sein Druck auf das Barometer weg. Wenn nun für einen Ort die Sonne aufgegangen ist, so vergröſsert sich die Menge

des Wasserdampfes und die Elasticität desselben, daher sich denn des Morgens, etwa gegen 9—10 Uhr, ein Maximum des Barometerstandes herausstellt. Hiernach gewinnt aber bei steigender Erwärmung die von dem oberen Abfluſs der Luft herrührende Verminderung des atmosphärischen Druckes das Übergewicht über die Vergröſserung der Spannkraft des Wasserdampfes, zumal da ja dieser selbst zum Teil mit empor geführt wird. Demzufolge entsteht nachmittags ein Minimum des Barometerstandes. Alsdann nimmt bei sinkender Sonne der Druck der trockenen Luft wieder zu, und dies bewirkt im Verein mit dem Druck des Wasserdampfes ein zweites Maximum des Barometerstandes in den Abendstunden (gegen 10 Uhr). Indem nun weiterhin der Druck des Wasserdampfes rascher abnimmt, als der Druck der trocknen Luft zunimmt, tritt im Gesamtdrucke der Atmosphäre gegen den Morgen hin ein zweites Minimum des Barometerstandes ein.

Die Abweichungen, welche der tägliche Gang des Barometers auf höheren isolierten Bergen im Vergleich zur Tiefe kundgiebt (Nr. 55), erklären sich aus der mit der täglichen Wärmezunahme erfolgenden Erhebung der unteren Luftschichten, wodurch der Druck in der Höhe verstärkt wird.

Beiläufig sei hier noch hervorgehoben, daſs während eines starken Regens, namentlich im Sommer, wo die erste Bildung der Wolken und des Regens in gröſserer Entfernung von der Erdoberfläche erfolgt, durch die mechanische Wirkung des herabfallenden Wassers auf die Luft eine Verdichtung derselben in den unteren Schichten und somit eine Steigerung des Luftdruckes daselbst entstehen kann.

59. *Einfluſs der Winde auf den Luftdruck.*

Aus den mittleren Barometerhöhen, welche man für jeden der acht Hauptwinde an verschiedenen Orten des mittleren und nördlichen Europa's bestimmt hat, geht hervor, daſs das Barometer bei nördlichen Winden höher steht als bei südlichen, was man gewöhnlich als eine Folge der Temperaturdifferenz dieser Winde ansieht. Die südlichen, als die wärmeren und zugleich feuchteren Winde, üben einen geringeren Druck aus als die

kälteren nördlichen Winde. In Europa trifft im Winter der höchste Barometerstand mit dem Minimum der Wärme bei NO., und das Maximum der letzteren mit dem tiefsten Barometerstande nahe bei SW. zusammen. Anders verhält es sich im Sommer, wo bei dem Vorherrschen der vom atlantischen Oceane herwehenden kühleren Westwinde der kälteste Punkt der thermischen Windrose auf die Westseite, der wärmste hingegen mehr auf Ost fällt. Während also im Winter die barometrischen Extreme der Windrose mit den Wärme-Extremen derselben zusammenfallen, findet dies im Sommer nicht statt. Indessen hat sich im Hinblick auf Beobachtungen, die gröſsere Gebiete der Erdoberfläche betreffen, ergeben, daſs der niedrigste Barometerstand nicht sowohl innerhalb der südwestlichen Luftströmung, als vielmehr am Rande derselben zwischen dem südwestlichen und nordöstlichen Luftstrome statthat. Köppen*) reflektiert in dieser Beziehung auf die verschiedenen Faktoren, die eine Zunahme der mittleren Tiefe der barometrischen Minima mit wachsender geographischer Breite bedingen. Auch die barometrischen Maxima sind im nördlichen Europa meist etwas gröſser als im südlichen, obschon der mittlere Luftdruck nach Norden hin abnimmt. Aus diesen Umständen läſst sich nun entnehmen, daſs, wenn in Deutschland Südwestwinde herrschen, in der Nähe tiefe nordische Depressionen bestehen, die eben dort den niedrigen Barometerstand bedingen. Walten hingegen Nordostwinde vor, so liegen gewöhnlich nicht weit im Norden barometrische Maxima; daher der hohe Barometerstand bei Nordostwind. Freilich existieren bei diesem Winde auch Depressionen im Süden, die jedoch erfahrungsmäſsig keine bedeutende Tiefe haben und darum in Deutschland im Vergleich zu jenen Maximis den Barometerstand nicht erheblich beeinflussen können. Ferner wurden von Köppen die groſsen unperiodischen Barometerschwankungen beachtet, welche aus einer Aufeinanderfolge tiefer Minima und hoher Maxima im nördlichen Europa resultieren müssen. In

*) Österr. Zeitschr. für Meteor. Bd. 9, S. 353, Annalen der Hydrographie und maritimen Meteor. 1882, S. 275. Vglch. ferner Felberg: Archiv d. deutschen Seewarte, 1. Jahrg. 1878; Sprung, Lehrbuch der Meteorologie, S. 272; Hoffmeyer: Österr. Zeitschrift für Meteorologie, Bd. 10, S. 6.

dieser Beziehung soll für die nördliche Erdhälfte der Satz gelten, dafs das Barometer, wenn irgendwo die unperiodischen Barometerschwankungen nach der Himmelsrichtung Sx^0 W am schnellsten abnehmen, bei der Windrichtung S$(x + 60^0)$ W am tiefsten, bei der entgegengesetzten Windrichtuug am höchsten steht. Demzufolge mufs nun das Barometer an solchen Stellen der nördlichen Erdhälfte, wo die Barometerschwankungen gegen die Regel nach Norden hin abnehmen, bei Süstwestwind durchschnittlich am höchsten stehen.

Siebentes Kapitel.

Vom Magnetismus der Erde.

60. *Grunderscheinungen des Erdmagnetismus.*

Eine Magnetnadel, welche in einer horizontalen Ebene frei beweglich ist, nimmt immer, wo sie sich auch befinden mag, eine bestimmte Stellung ein, in die sie stets wieder zurückkehrt, so oft man sie daraus entfernt. Es kann diese Erscheinung nur Folge einer äufseren und zwar magnetischen Kraft sein, da eine unmagnetische Nadel nichts derartiges zeigt. Für unsere Gegend hat die Magnetnadel eine Richtung von Nord-Nordwest nach Süd-Südost. Das nach Norden gerichtete Ende der Nadel wird gewöhnlich der Nordpol, das andere Südpol genannt. Ferner nennt man die vertikale Ebene, welche man sich durch die Axe einer in der Gleichgewichtslage ruhenden horizontalen Magnetnadel gelegt denken kann, den magnetischen Meridian, und den Winkel, welchen dieser mit der Ebene des geographischen resp. astronomischen Meridians bildet, die Abweichuug oder Deklination der Nadel. Wenn die Magnetnadel genau in ihrem Schwerpunkte aufgehängt ist, so dafs sie sich zugleich um eine horizontale Axe drehen kann (Inclinationsnadel), so bemerkt man auch, dafs sich ihr Nordpol unter die Horizontalebene herabsenkt, und mit dieser einen bestimmten Winkel bildet, den man ihre Neigung oder Inklination nennt.

Ähnliches beobachtet man nun, wenn man eine kleine an einem Faden hängende Magnetnadel über einen gröfseren Mag-

neten bringt. In der Mitte zwischen den beiden Polen hat sie eine horizontale Lage, weiter darüber hinaus senkt sich aber der eine oder andere Pol hinab. Man hat aus diesen Erscheinungen geschlossen, dafs die Erdkugel selbst einen Magneten darstellt. Die magnetische Wirkung der Erde geht auch daraus hervor, dafs ein etwas langer unmagnetischer Stab von weichem Eisen, in die Richtung des magnetischen Meridians (oder der Inklinationsnadel) gebracht, Magnetismus annimmt.

Je mehr man nach Norden kommt, desto gröfser wird die Inklination, so dafs endlich die Nadel eine senkrechte Stellung annehmen mufs. Kapitän Rofs fand einen solchen magnetischen Pol unter 70° 5′ 17″ n. Br. und 96° 46′ westl. L. von Greenwich. In der Nähe des Äquator gelangt man zu einem Punkte, wo die Nadel eine vollkommen horizontale Lage annimmt, wo also die Inklination selbst verschwindet. Weiter nach Süden hin nimmt die Inklination wieder zu, so dafs es in der Nähe des Südpoles der Erde einen zweiten Punkt geben mufs, in dem sich die Nadel vertikal stellt. Hier ist es aber das nach Süden gekehrte Ende der Nadel, welches herabsinkt.

Wenn man alle Punkte in der Äquatorialzone, in denen sich die Nadel horizontal stellt, wenn man also alle Orte ohne Inklination durch eine Linie mit einander verbindet, so erhält man den magnetischen Äquator. Dieser fällt nicht mit dem Erdäquator zusammen, sondern bildet eine Linie von doppelter Krümmung, welche jenen in zwei veränderlichen Punkten schneidet, welche dermalen in der Richtung von O. nach W. fortrücken.

61. *Veränderungen der Deklination, Inklination und der Intensität des Erdmagnetismus.*

Die Deklination ist unaufhörlichen Veränderungen unterworfen, von denen manche ein bestimmtes Gesetz befolgen und deshalb regelmäfsige Veränderungen genannt werden. Im Jahre 1580 war die Deklination in Paris östlich und betrug etwa 11° 30′, im Jahre 1663 war sie 0 und ist seitdem wieder westlich geworden. Im Jahre 1700 betrug die westliche Abweichung 8° 10′, im Jahre 1780 war sie = 19° 55′ und erreichte 1814

ihr Maximum von 22° 34'. Von hier an ging der Nordpol der Nadel wieder allmählich nach Ost, so dafs die westliche Abweichung im Jahre 1835 auf 22° 4' zurückgekommen war. Im Dezember 1854 fand man daselbst eine westliche Abweichuug von 20° 17'. Aufser den eben erwähnten **sekulären** Veränderungen giebt es aber auch noch **tägliche** und **jährliche** Variationen, welche regelmäfsig wiederkehren und mit der erwärmenden Kraft der Sonne in unverkennbarem Zusammenhange stehen. Der tägliche Gang der Magnetnadel ist im allgemeinen von der Art, dafs die westliche Abweichung des Morgens vom Aufgange der Sonne an allmählich zunimmt und nachmittags um 1—2 Uhr am gröfsten wird. Darauf geht sie wieder nach Ost hin zurück, und erlangt im Laufe der Nacht das Minimum ihrer westlichen Abweichung. Die Schwingungsweite der täglichen Variationen oder der Winkel zwischen dem östlichsten und westlichsten Stand der Nadel ändert sich mit den Jahreszeiten und ist im Winter am kleinsten. Nach Beobachtungen in Göttingen von 1834—37 beträgt dieser Winkel für ein ganzes Jahr 10' 24", vom Oktober bis März 7' 58" und vom April bis Oktober 12' 48".

Südlich vom Äquator finden die täglichen Variationen in entgegengesetzter Richtung statt, indem hier das Südende der Nadel sich nach Westen bewegt, wenn nördlich vom Äquator das Nordende diese Richtung einschlägt.

Aufser den regelmäfsigen Veränderungen der Deklination kommen noch unregelmäfsige Veränderungen oder sogenannte **Störungen** vor, welche häufig die ersteren übertreffen. Plötzliche Störungen in der Richtung der Magnetnadel zeigen sich namentlich zur Zeit des Nordlichtes.

Die **Inclination** ist, wie die Deklination nach Ort und Zeit sehr verschieden und ähnlichen Veränderungen unterworfen. So hat z. B. nach **Kupffer** die Inklination in Petersburg morgens um etwa 10 Uhr ein Maximum und abends um 10 Uhr ein Minimum.

Die **Stärke** des Erdmagnetismus ist, wie die Deklination und Inklination an verschiedenen Orten sehr ungleich. Sie nimmt im allgemeinen von den wärmeren nach den kälteren Gegenden zu, ist in der Nähe des Äquators am kleinsten und wächst von hier ab um so mehr, je weiter man nach Norden oder

Süden kommt. Auch an demselben Orte ist die Intensität des Erdmagnetismus veränderlich und ähnlichen Variationen unterworfen wie die Deklination und Inklination.

62. *Isogonische, isoklinische und isodynamische Linien.*

Nach dem Vorstehenden wird die Wirkung, welche der Erdmagnetismus auf einen Punkt der Erdoberfläche ausübt, durch Deklination, Inklination und Intensität bestimmt. Sind diese Stücke für hinreichend viele Punkte der Erdoberfläche ermittelt, so geben sie zusammen für einen gewissen Zeitpunkt den magnetischen Zustand der Erdkugel zu erkennen. Man kann zu diesem Behufe jedes dieser Bestimmungsstücke besonders betrachten und auf einer Karte zur Darstellung bringen, indem man alle Orte der Erdoberfläche, in denen das Stück denselben Wert hat, durch eine Kurve mit einander verbindet. Auf diese Weise erhält man drei Systeme krummer Linien. Jene Linien, welche die Orte gleicher Deklination mit einander verbinden, nennt man isogonische, solche, in deren Punkten gleiche Inklination herrscht, isoklinische, und die dritten, deren Punkte die Orte gleicher Intensität bezeichnen, isodynamische Linien. Der Lauf der isogonischen Linien ist beträchtlichen Veränderungen unterworfen, wie sich dies nach den früheren Betrachtungen nicht anders erwarten läfst. Von Interesse ist eine Linie ohne Abweichung, d. h. eine solche, auf welcher die Richtung der horizontalen Magnetnadel mit der Richtung des geographischen Merdians zusammenfällt; sie geht rings um die ganze Erde und teilt ihre Oberfläche in zwei Teile; auf dem einen Teil, und zwar auf dem atlantischen Ocean, in Europa und Afrika, ist die Abweichung der Nadel eine westliche, auf der anderen, mit Ausnahme einer kleinen Strecke, eine östliche.

Der Lauf der isoklinischen Linien ist nicht minder wie der der isogonischen mit der Zeit veränderlich.

Die isodynamischen Linien sind geschlossene Kurven, welche dem magnetischen Äquator aber nicht parallel sind, sondern einigermafsen den früher betrachteten Jahres-Isothermen entsprechen. Nach den von Gaufs berechneten Werten der totalen Intensität der erdmagnetischen Kraft und den hieraus

konstruierten isodynamischen Linien befinden sich auf der nördlichen Halbkugel zwei Orte (in der Nähe der Kältepole), wo die Intensität des Erdmagnetismus ein Maximum ist. Der eine liegt in Nordamerika, westlich von der Hudsonsbay, der andere in Sibirien.

Es ist bereits erwähnt worden, dafs die Veränderungen der frei beweglichen Magnetnadel mit der Erwärmung der Erdoberfläche durch die Sonne im Zusammenhange stehen. Wahrscheinlich ist, wie Dove bemerkte, jede thermische Veränderung der Erde mit einer entsprechenden magnetischen verbunden. Wenn nun auf der nördlichen Erdhälfte die Ostseite morgens stärker als die Westseite erwärmt wird, so wird dort die Anziehung geschwächt und daher das Nordende der Magnetnadel sich nach der kälteren Seite wenden. Die Deklination wird also vormittags zunehmen. Da aber der Südseite während des Tages eine höhere Temperatur zukommt als der Nordseite, so mufs die Inklination vom Morgen an abnehmen. Die jährlichen Variationen lassen sich in ähnlicher Weise erklären. Bei Nacht, wo die Temperaturveränderungen geringer sind, erscheinen deshalb auch die Variationen der Magnetnadel geringer als am Tage. Überhaupt, je schwächer die Temperaturveränderungen, desto unbedeutender die Variationen des Magnetismus.

Nach Beobachtungen von Kreil hängt indes die magnetische Deklination nicht allein vom Sonnen-, sondern auch vom Mondesstande ab. Dieselbe ist gröfser, wenn der Mond östlich vom magnetischen Meridian steht, als wenn er sich auf der entgegengesetzten Seite befindet. Danach herrscht auf der dem Erdkörper zugekehrten Mondeshälfte der sogenannte Nordmagnetismus vor, so dafs der Südpol einer Magnetnadel vom Monde angezogen wird.

Sabine und Secchi äufserten die Ansicht, dafs die täglichen Schwankungen sowohl im Sinne der horizontalen und vertikalen magnetischen Richtung, als auch in der Gröfse der absoluten magnetischen Kraft von einem direkten magnetischen Einflusse der Sonne und ihrer Lage zu dem magnetischen Meridiane des Beobachtungsortes abhängig seien. — Nach Lamont*)

*) Poggend. Ann. Bd. 84; 85; 86 u. 88.

hat die tägliche Variation der Deklination eine zehnjährige Periode, die nach R. Wolf mit den Sonnenflecken in einer gewissen Beziehung zu stehen scheint, so dafs, wenn für die Sonnenflecken ein Maximum oder Minimum eintritt, auch für die Deklinationsvariationen ein Maximum oder Minimum statthat. Auch die kleineren Unregelmäfsigkeiten, welche bei den Sonnenflecken vorkommen, sollen sich bei der magnetischen Variation zeigen. Überhaupt aber ist eine Vermehrung der Anzahl der Sonnenflecken mit einer Zunahme der magnetischen Schwankungen verbunden.

Achtes Kapitel.

Von den elektrischen Erscheinungen der Atmosphäre.

63. *Verschiedene elektrische Zustände der Atmosphäre.*

Beobachtungen haben gelehrt, dafs fast immer einige freie Elektricität in der Atmosphäre vorhanden ist. Ist die letztere rein und heiter, so stellt sich ihr elektrischer Zustand als der sog. positive heraus, der im Winter stärker als im Sommer hervortritt. Derselbe erreicht nach Schübler, welcher Beobachtungen darüber in den Thälern des südlichen Deutschlands anstellte, täglich zwei Maxima und zwei Minima. Das erste Maximum findet statt nach Sonnenaufgang (im Sommer um 6—7 im Winter um 10—11 Uhr), das erste Minimum einige Stunden vor Sonnenuntergang (im Sommer um 4—6, im Winter um 3 Uhr), das zweite Maximum einige Stunden nach Sonnenuntergang (beim Fallen des Abendthaues) und das zweite Minimum zur Zeit des Sonnenaufganges. Diese Veränderungen, deren regelmäfsiges Auftreten leicht eine Störung erfahren kann, stehen mit der relativen Feuchtigkeit der Atmosphäre in einiger Beziehung, insofern dieselbe eine Art von leitender Gemeinschaft zwischen dem Elektricitätsanzeiger am Beobachtungsorte und den positiv elektrischen Luftschichten herstellt.

Beobachtungen von Dellmann*) in Kreuznach ergaben ebenfalls, dafs die Luft bei heiterer Witterung fast immer positiv elektrisch ist. Bei stiller Luft erschien die Spannung dieser Elektricität weit weniger veränderlich, als bei starker Luftströmung. Am auffallendsten ist das Sinken derselben mit SW., namentlich im Winter, wo sie bei SW. im Durchschnitt nicht viel höher als im Sommer ist. Indessen beobachtete man bei Nebel oft eine starke positive Elektricität, ebenso bei Wolken. Schübler kam während seiner Reise durch die Alpen nicht selten in die Wolkenregion, wo er die Elektricität gewöhnlich positiv fand, negativ hingegen, wenn die Wolken zugleich Regen brachten. Bei wässerigen Niederschlägen tritt sehr häufig die sog. negative Elektricität hervor. Die Abwechselungen von positiver und negativer Elektricität hängen vorzüglich von Abwechselungen in der Stärke und z. T. der Aggregation der Niederschläge selbst ab. Die einzelnen Regen zeigen sich gewöhnlich desto stärker negativ elektrisch, je stärker sie sind, oder je schneller und je mehr Wasser in derselben Zeit aus den Dunstkörperchen in die tropfbare Form übergeht. Palmieri**) sprach, gestützt auf seine Beobachtungen, das folgende Gesetz aus. Dort nämlich, wo Regen fällt, hat man reichlich positive Elektricität mit einer sie umgebenden, mehr oder weniger breiten Zone von starker negativer Elektricität. Auf diese Zone folgt eine andere mit starker positiver Elektricität, die dann in gröfserer Entfernung rasch abnimmt. Findet in gröfserer Entfernung vom Beobachtungsorte ein reichlicher Regen, Hagel- oder Schneefall statt, so kann man nach Palmieri ungeachtet des am Beobachtungsorte heiteren Himmels negative Elektricität beobachten, ohne die unter dem eigenen Horizont liegenden Wolken des entfernten Regens zu sehen.

Was nun den oben charakterisierten positiv elektrischen Zustand der Atmosphäre betrifft, so liegt dessen Ursache wahrscheinlich nicht in der Verdampfung des Wassers an der Erdoberfläche. Vielmehr dürfte dieser Zustand der Atmosphäre als

*) Poggendorff's Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 89, S. 258.

**) Die atmosphärische Elektricität. Aus dem Italienischen von G. Discher, Wien u. Leipzig 1884.

nach der Tageszeit betrifft, so weifs man, dafs dieselben am häufigsten des Nachmittags, einige Stunden nach der Culmination der Sonne auftreten.

Die Gewitterwolke erscheint gewöhnlich in der Form des Cumulostratus oder der getürmten Haufenwolke, über welcher noch eine Federwolke, der sogenannte Cirrus-Schirm schwebt. Der Blitz aber ist bekanntlich ein grofsartiger elektrischer Funke, der aus der Gewitterwolke auf einem Wege, welcher ihm die beste Leitung darbietet, nach der Erde oder nach einer anderen Wolke hinstrebt. Alle erhabenen Gegenstände sind vorzugsweise dem Blitzstrahl ausgesetzt, namentlich wenn sie gute Leiter der Elektricität sind. Schlecht leitende Körper werden vom Blitzschlage durchbohrt und zertrümmert, häufig auch entzündet, Metalle stark erhitzt und unter Umständen auch geschmolzen und verflüchtigt. Bäume werden gespalten und zersplittert, oder die Rinde wird abgeschält und weit fortgeschleudert. Wenn aber der Blitz in einen sandigen Boden schlägt, so entstehen die sogenannten Blitzröhren, welche oft aus mehreren Ästen bestehen, und mitunter 10 Meter lang und 5 Centimeter breit sind. Die innere Fläche derselben ist ganz verglast, die äufsere dagegen wegen der vielen auf ihr festsitzenden Sandkörner sehr rauh. — Man teilt die Blitze, deren Aussehen verschieden ist, nach Arago in drei Klassen. Die einen sind zickzackförmige, mit scharf begrenzten Rändern, die anderen sind die sog. Flächenblitze, welche gröfsere Teile der Wolke oder diese letztere ganz erleuchten, die dritten endlich, welche seltner auftreten, erscheinen in der Form leuchtender Kugeln, daher man sie auch Kugelblitze nennt.

Der den Blitz begleitende oder ihm nachfolgende Schall, der Donner, bietet sich gleichfalls in verschiedenartiger Weise dar. In gröfserer Nähe, namentlich wenn der Blitz in einen Gegenstand auf der Erdoberfläche einschlägt, hört man einen kurzen heftigen Knall oder in etwas gröfserer Entfernung ein prasselndes Geräusch. Je weiter man aber von dem Orte der

---

Mitteil. 1870, S. 427; Fritz, Tafel der mittl. Gewitterh. ebenda 1871. S. 115; Ferrari, Osservazioni dei temporali raccolte nel 1880. Milano 1880, und dazu das Referat von C. Lang: Zeitschrift der österr. Ges. für Meteorol., Jahrg. 19, S. 353.

elektrischen Entladung entfernt ist, desto mehr treten Blitz und Donner zeitlich auseinander, und der letztere wird als ein länger oder kürzer anhaltendes Rollen vernommen. Obgleich nun der Donner höchst wahrscheinlich gleichzeitig mit dem Blitze, oder vielmehr in dem Moment entsteht, wo der letztere die Luft durchbricht und erschüttert, so müssen wir denselben in dem eben erwähnten Falle doch merklich später als den Blitz wahrnehmen, da die Geschwindigkeit des Lichtes bekanntlich viel gröfser als die des Schalles ist. Das anhaltende Rollen des Donners, welches mitunter stofsweise an Stärke ab- und wieder zunimmt, wird, wie Dove hervorgehoben, meist dann gehört, wenn das Gewitter bereits das Zenith überschritten hat und sich entfernt. Dieses Rollen betrachtete man früher gröfstenteils als eine Wirkung des Echo, indem der vom Blitz erregte Schall teils von Gegenständen auf der Erde, teils von Wolken reflektiert wird. Es kann aber der Schall, wenn die elektrische Entladung an verschiedenen Punkten einer längeren Luftstrecke stattfindet, von diesen verschiedenen Punkten aus unser Ohr nicht gleichzeitig erreichen, so dafs man statt eines momentanen Knalles ein mehr oder weniger andauerndes Rollen hören mufs. Kämtz nahm noch eine Interferenz der Schallwellen zu Hilfe. Jeder Punkt, den der Blitz auf seiner Bahn trifft, wird der Mittelpunkt eines Wellensystems. Treffen nun ähnliche Teile zweier Wellen in unserem Ohre zusammen, so wird der Schall verstärkt, im entgegengesetzten Falle aber geschwächt oder momentan aufgehoben, bis das Zusammentreffen ähnlicher Teile verschiedener Wellensysteme eine neue Verstärkung herbeiführt u. s. w.

Die Donnerschläge sind bei einer Entfernung von drei Meilen in der Regel nicht mehr vernehmbar. Das sogenannte Wetterleuchten wird nun in den meisten, wenn nicht in allen Fällen von Blitzen entfernter Gewitter verursacht, deren Donner man nicht hören kann. Die sogenannten Wetterlichter aber, (St. Elmsfeuer, Helenenlicht, Hermesfeuer etc.) welche man mitunter in der Form mehr oder weniger langer Lichtbüschel an den Spitzen hervorragender Gegenstände (auf der Erdoberfläche) wahrnimmt, sind Folgen einer fast geräuschlosen Ausgleichung des elektrischen Gegensatzes zwischen der Erde und einer Gewitterwolke.

65. *Polarlicht.*

Das Polarlicht ist eine Lichterscheinung, die mit dem Magnetismus und ohne Zweifel auch mit der Elektricität in einer gewissen causalen Beziehung steht, daher wir die Betrachtung dieser Erscheinung hier anreihen. Man nennt dieselbe, falls sie nach dem Nordpol hin auftritt, Nordlicht, bezüglich der südlichen Hemisphäre dagegen Südlicht. Das Nordlicht zeigt sich am nördlichen Himmel als eine dunkle Wolke oder Nebelwand in der Gestalt eines kreisförmigen, vom Horizont begrenzten Abschnittes, welcher von einem hellen Ringe oder Bogen umgeben ist, aus dem in unbestimmten Zwischenzeiten Lichtstreifen von verschiedenen Farben hervorschiefsen, welche bei hinreichender Intensität der Erscheinung lebhaft vom Violetten und Bläulich-Weifsen bis ins Grüne und Purpurrote spielen. Bald steigen die Lichtsäulen aus dem Bogen allein hervor, zuweilen untermengt mit schwarzen, einem Rauche ähnlichen Strahlen; bald erheben sich die Säulen scheinbar an vielen entgegengesetzten Punkten des Horizontes zugleich und vereinigen sich zu einem zuckenden Flammenmeer. Die Strahlen konvergieren nach einem Punkte des Himmels, nach dem das Südende der magnetischen Inklinationsnadel hinweist. Mitunter erreichen sie selbst das Zenith und gewähren hier den Anblick einer Strahlenkrone, mit deren Ausbildung das Phänomen meist zu Ende geht, indem nun die Strahlungen immer kürzer und farbloser werden. Die Erscheinung wird gewöhnlich in der Richtung des magnetischen Meridians beobachtet und ist von mehr oder weniger bedeutenden Schwankungen der Magnetnadel begleitet. Doch liegt einigen Messungen zufolge der höchste Punkt jenes Lichtbogens nicht ganz im magnetischen Meridian, sondern um eine gewisse Anzahl von Graden abweichend nach der Seite, wohin die magnetische Deklination des Ortes gerichtet ist. Da das Nordlicht bald in gröfserer, bald in geringerer Ausdehnung und Vollkommenheit auftritt, so bietet sich dasselbe in sehr verschiedenen Formen dar.*) Bemerkenswert ist, dafs man durch die Nord-

*) s. Mairan, Traité de l'aurore boréale. Paris 1754; v. Wrangel's Reise auf dem Eismeere in den Jahren 1821, 1822 und 1823, herausg. von Parrot. Berlin 1827, S. 55; v. Wohlgemuth: Mitteilungen der k. k. geogr. Gesellschaft zu Wien, Bd. 27, S. 9.

lichtstrahlen Sterne, und zwar auch kleinere erblickt, obschon nach einer Angabe von Parry auch die schwächsten Nordlichtstrahlen die Sterne ein wenig verdunkeln, gleichsam wie ein dünner vorgezogener Schleier.

Die Polarlichter bekunden eine bestimmte Periodicität *). Wir wollen in dieser Beziehung nur hervorheben, dafs wie für die Sonnenflecke und Variationen des Erdmagnetismus (Nr. 62) auch für die Polarlichter eine 11jährige Periode besteht.

Wahrscheinlich beruht nun das Polarlicht auf elektrischen Ausgleichungsvorgängen zwischen der Erde und den höheren Schichten der Atmosphäre, auf elektrischen Vorgängen, zu denen auch der Erdmagnetismus in eine bestimmte Beziehung tritt. Bekanntlich bietet ja auch das Nordlicht, übereinstimmenden Beobachtungen zufolge, eine grofse Ähnlichkeit mit den Lichterscheinungen, welche elektrische Entladungen im luftverdünnten Raume gewähren. Als eine Bestätigung für die Ansicht, dafs es sich in Betreff des Polarlichtes um elektrische Vorgänge handelt, können die Versuche Lemström's gelten.**) Derselbe setzte auf einer Hochfläche Finnlands ein Netz von Kupferdrähten, das mit nach oben gerichteten Metallspitzen versehen war, mit der Erde in leitende Verbindung. Alsbald wurden die Drähte von elektrischen Strömen durchzogen, wie denn auch an den Spitzen ein gelblichweifser Schimmer hervortrat, welcher mittels des Spektroskopes die bekannten Nordlichtlinien zeigte.***)

Neuntes Kapitel.

Von den optischen Erscheinungen der Atmosphäre.

66. *Farbe des Himmels.*

Das Sonnenlicht, welches auf die Atmosphäre fällt, gelangt zum Teil an die Erdoberfläche, während ein anderer Teil in

*) Vglch. Fritz, Das Polarlicht. Leipzig 1881.

**) s. Förster, Künstliches Polarlicht: Sitzungsberichte des elektrotechnischen Vereins zu Berlin, März 1883.

***) Bezüglich der verschiedenen Hypothesen über das Polarlicht s. die übersichtliche Darstellung bei Günther, Lehrb. der Geophysik u. physik. Geographie. Bd. II, S. 58 ff.

der Atmosphäre aufgehalten wird. Dieser letztere Anteil wird nun teilweise absorbiert, teils aber auch, und zwar in gröfserer Menge, durch Reflexion nach allen Richtungen zerstreut. Auch die Erde giebt einen Teil des empfangenen Lichtes wieder zurück, und hiervon wird ebenfalls ein gewisser Betrag innerhalb der Atmosphäre zerstreut und dadurch z. T. der Erdoberfläche wieder zugesendet. Durch diese Lichtzerstreuung, welche teilweise gleichförmig von Statten geht, erscheint uns nun der Himmel sowohl überhaupt als auch an seinen verschiedenen Punkten mit einer bestimmten Helligkeit.

Die blaue Farbe des Himmels, die Morgen- und Abendröte suchte man früher gewöhnlich aus einer besonderen Eigenschaft der Luftteilchen herzuleiten, vermöge deren sie die Fähigkeit haben sollten, die blauen Lichtstrahlen vorzugsweise zu reflektieren, die roten dagegen mehr durchzulassen. Wahrscheinlich sind es aber die Lufteilchen nicht selbst, sondern fremde der Luft beigemengte an sich farblose und sehr kleine Teilchen, an welchen die Farben des Himmels bewirkt werden. Nach Forbes ist es der Wasserdampf, welcher in einem gewissen Stadium der Verdichtung die Erscheinungen der Morgen- und Abendröte bedingt. Nebenbei wurde die Ansicht geäufsert, dafs diese Erscheinungen von den in der Atmosphäre vorhandenen Dunstbläschen bewirkt werden möchten, eine Ansicht, die in neuerer Zeit namentlich von Clausius ausgebildet worden ist. Jedes Dunstbläschen ist ein kugelförmig gekrümmtes Wasserhäutchen. Ist es im Verhältnis zu seinem Umfang sehr dünn, so wird es auf einen Lichtstrahl, der es durchdringt, zweimal dieselbe Wirkung äufsern, wie eine gleich dicke ebene Wasserplatte mit parallelen Grenzflächen. Nun weifs man, dafs dünne Plättchen durchsichtiger Substanzen sowohl im reflektierten als auch im durchgelassenen Lichte Farbenerscheinungen zeigen, die zu einander komplementär sind. Die gerade hervortretenden Farben sind aber durch der Dicke der Plättchen bedingt. In der Atmosphäre vertreten Dunstbläschen die Stelle solcher Plättchen. Die noch bei klarem Wetter in der Luft schwebenden Dunstbläschen sind gewifs sehr dünn, und es läfst sich dann für eine gewisse Dicke derselben durch Rechnung nachweisen, dafs die in ihnen durch Reflexion erzeugte Farbe das Blau des

Himmelslichtes sein muſs, das um so dunkler erscheinen wird, je klarer die Luft ist oder je feiner die Bläschen sind. Wird aber die Luft feuchter, so nehmen die schon vorhandenen Bläschen nicht allein an Dicke zu, sondern es entstehen auch neue feine Bläschen. Hierdurch geschieht es nun, daſs immer neue Farben zu den früheren hinzutreten, ohne daſs diese deshalb fortfallen. Daher wird durch die Mischung aller dem ursprünglichen Blau ein mehr oder weniger reines Weiſs hinzugefügt, so daſs jenes zunächst ein milchiges Ansehen gewinnt und allmählich ganz in Weiſs übergehen kann. — Das von einem Dunstbläschen durchgelassene Licht ist dem reflektierten Lichte komplementär, und muſs daher, wenn letzteres blau ist, orange sein. Diese Färbung ist aber der Rechnung zufolge nur gering, so daſs auch die Sonne, wenn sie hoch am Himmel steht, und ihre Strahlen also die Atmosphäre auf kurzem Wege durchlaufen, weiſs erscheint. Ist sie dagegen bis zum Horizont herabgekommen, so haben ihre Strahlen auf dem weiten Wege sehr viele Dunstbläschen zu durchdringen. Die Orangefarbe wird dann vorherrschend, und es erscheint beim Untergange der Sonne nicht nur die letztere, sondern auch ein groſser Teil des Horizonts orangefarbig.

Schon Newton äuſserte die Meinung, daſs das Blau des Himmels durch Reflexion des Lichtes an sehr kleinen Wasserteilchen entstehe. Fraglich ist noch, ob man es hier mit Dunstbläschen oder vielmehr mit kleinen soliden Wasserpartikeln zu thun hat (s. S. 156). Einige Bedenken gegen die Ansicht, nach welcher die Farben des Himmels an die Existenz von Dunstbläschen geknüpft sind, hat Brücke (Sitzungsb. der Akad. in Wien, Bd. IX. S. 530 ff.) erhoben. Derselbe kam durch Untersuchungen über die Farben trüber Medien im auffallenden und durchfallenden Lichte zu dem Resultate, daſs man aus den optischen Eigenschaften der Atmosphäre in Hinsicht auf die an sich farblosen, die Atmosphäre trübenden Teilchen, von welchen das Blau des Himmels und die Morgen- und Abendröte abhängen, vorläufig keinen anderen Schluſs ziehen könne, als daſs sie sehr klein und im allgemeinen mit einer gewissen Gleichförmigkeit in der Atmosphäre verteilt seien, wenn auch die oberen Schichten davon viel weniger als die unteren enthalten möchten. Auch weist Brücke darauf hin, daſs die Farbe der Morgen- und Abendröte nicht das Komplement der Himmelsbläue sei, da [illegible] viel mehr Rot als dieses enthält. Übrigens läſst sich die [illegible] und Abendröte

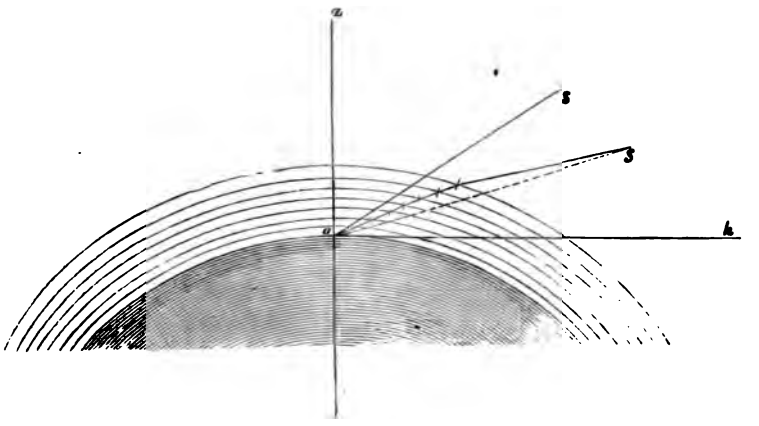
allenfalls auch aus der Beugung des Lichtes unter Voraussetzung solider Wassertröpfchen ableiten (vglch. E. Lommel, Poggend. Annal. Bd. 135. S. 109). Die roten und gelben Farbentöne am Horizont unterscheiden sich nicht merklich von jenen, welche der Rauch bei durchgelassenem Lichte darbietet. Trübende Medien, wie Staub, Rauch, Dunstkörperchen lassen, wie man zu sagen pflegt, die roten und gelben Strahlen durch. Dagegen hat man bezweifelt, dafs solche Medien die blauen Strahlen zurückwerfen und darum blau erscheinen. In dickeren Schichten erscheinen sie weifs. Das Hervortreten der blauen Farbe erfordert einen dunklen Hintergrund, während von den betreffenden fein verteilten Körperchen weifses Licht ins Auge fällt. Das sog. blaue Himmelslicht stimmt in Betreff seiner Wirkung nicht mit dem blauen Teile des Sonnenspektrums überein, sondern verhält sich optisch und chemisch wie weifses Licht. Daher sei das Blau des Himmels nicht als zerstreutes blaues Licht, sondern als weifses von farblosen Teilchen reflektiertes Licht zu betrachten, welches nur durch das Zusammenwirken mit dem nicht ganz verhüllten schwarzen Hintergrunde des Weltenraumes die subjektive Empfindung von Blau hervorbringe (vglch. Lehrbuch der Klimatologie von Lorenz und Rothe, 1874. S. 15f.). Fällt die Wirkung des dunklen Hintergrundes mehr und mehr weg, indem sich die Dunstkörperchen zu mehr zusammenhängenden Schleiern ansammeln, so wird die Farbe des Himmelsgewölbes weifslichblau oder ganz weiss, falls noch Sonnenlicht in gröfserer Menge durchdringt. Geschieht dies nicht mehr, so werfen die Dunstnebel Schatten gegen die Erde und erscheinen grau. Seitwärts beleuchtete Wolken sind stets weifs; indem aber insgemein einige Teile der Wolke auf die andern mehr oder weniger dichte Schatten werfen, entsteht die bekannte Schattierung der Wolken.

Bezüglich einiger besonderer Dämmerungserscheinungen s. J. Kiesling, Die Dämmerungserscheinungen im Jahre 1883 und ihre physikalische Erklärung. Leipzig 1885.

67. *Strahlenbrechung in der Atmosphäre.*

Ein Lichtstrahl, welcher von einem Gestirne *s* (Fig. 20) kommt und die Atmosphäre durchdringt, beschreibt in dieser eine nach oben konvexe Bahn, weil er wegen der nach unten zunehmenden Dichte der Luftschichten eine fortwährende Brechung zum Einfallslot erfährt. Das Auge *o* sieht darum den Gegenstand in der Richtung der Tangente dieser krummen Bahn von seinem wahren Orte verrückt; er scheint ihm höher zu

Fig. 20.



liegen und zwar um so mehr, je stärker die Krümmung jener konvexen Bahn ist. Man nennt die Strahlenbrechung die astronomische oder irdische, je nachdem die Lichtstrahlen von Himmelskörpern oder von irdischen Objekten kommen. Die erstere ist im Zenith gleich 0, im Horizont am gröfsten und beträgt hier 30 Minuten, in einer Höhe von 45° aber kaum noch 1 Minute. Von ihr rührt es her, dafs die Sonne scheinbar früher auf- und später untergeht, was eine Verlängerung der Tageszeit zur Folge hat.

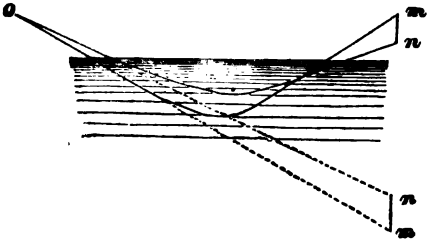
68. *Luftspiegelung.*

Durch eine Brechung und Reflexion der Lichtstrahlen, wenn sie aneinandergrenzende Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit durchdringen, entstehen auch jene seltsamen Erscheinungen, die unter dem Namen der Luftspiegelungen bekannt sind. Es sind Bilder, die man mitunter über grofsen Ebenen, an Gegenküsten und über dem Meere von entfernten Objekten in verkehrter oder aufrechter Gestalt wahrnimmt. Manche dieser Bilder, und zwar häufig die verkehrten, sieht man unterhalb der wirklichen Gegenstände, wie die Spiegelbilder einer Wasserfläche. Auf der See sah man öfter das verkehrte Bild eines Schiffes über dem letzteren, nicht selten aber auch, wenn ein Schiff noch nicht ganz im Horizonte des Beobachters war, zwei Bilder: ein

aufrechtes und ein verkehrtes Luftbild über dem Schiffe. — Erscheinungen, die man an der Meerenge von Messina beobachtet und Fata morgana (Schlösser der Fee Morgana) genannt hat, gehören ebenfalls hierher.

Denkt man sich Luftschichten von ungleicher Dichte und zwar in der Art, dafs die letztere vom Boden aus allmählich zunimmt, ein Fall, der bei intensiver Sonnenwärme und ruhiger Luft auf grofsen Ebenen eintreten kann, so wird das Auge des Beobachters in *o* von einem erhabenen Gegenstande *mn* ein direktes Bild erblicken, das durch Lichtstrahlen entsteht, welche grofsenteils in geraden Richtungen zum Auge gekommen sind. Nun senden aber alle Punkte des Gegenstandes auch solche Strahlen aus, welche in die erwähnten Luftschichten eindringen und in diesen, weil sie beständig vom Einfallslot hinweggebrochen werden, eine nach unten konvexe Bahn beschreiben. Bald kommt jedoch ein Punkt, wo die Strahlen nach einem bekannten optischen Gesetze reflektiert werden, und von hier an beschreiben sie auf der anderen Seite eine der vorigen ähnliche Bahn. Denkt man sich nun nach den Richtungen, in welchen die Strahlen zuletzt in das Auge dringen, Tangenten an die von den Strahlen beschriebenen Bahnen gelegt, so erhält man die Richtungen, nach denen hin das Auge die Bilder der verschiedenen Punkte des Gegenstandes wahrnimmt. In unserem Falle wird sich unterhalb des Gegenstandes ein verkehrtes Bild desselben zeigen müssen.

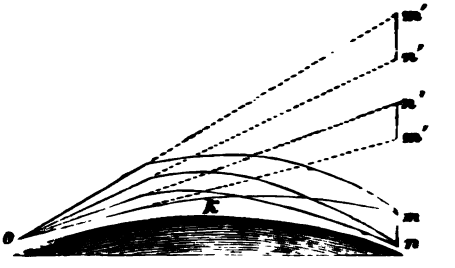
Fig. 21.



Wenn dagegen die Dichte der Luft von der Erdoberfläche an bis zu einer gewissen Höhe merklich abnimmt, so werden Lichtstrahlen, welche von einem in oder noch unter dem Horizont des Auges befindlichen Gegenstande ausgehen, bei ihrem Übergange aus den dichteren in die dünneren Luftschichten beständig vom Einfallslote hinweggebrochen, so dafs sie jetzt eine nach oben konvexe Bahn beschreiben müssen. Bei einer

gewissen Gröfse des Einfallswinkels können sie aber nicht weiter in noch dünnere Luftschichten eindringen, sondern es erfolgt eine Reflexion und hiernach durch neue Brechung nach dem Einfallslote zu eine der vorigen ähnliche nach unten gerichtete Bahn. Hierbei können nun die Strahlen, welche von den oberen und unteren Punkten eines Gegenstandes, z. B. eines Schiffes ausgehen, das dem Auge bei *o* (Fig. 22) durch die Krümmung der Erdoberfläche verdeckt ist, sich vor dem Auge bei *k* durchkreuzen. Das Auge wird dann ein verkehrtes Bild *n'm'* wahrnehmen. Wäre aber das Auge dem Schiffe näher als der Durchkreuzungspunkt der Strahlen, so würde dasselbe ein aufrechtes Bild des Schiffes über dem wirklichen Schiffe sehen. Da nun jeder Punkt des Gegenstandes Lichtstrahlen nach allen Richtungen aussendet, so kann es hier auch solche Strahlensysteme geben, welche höhere Punkte der Atmosphäre treffend auf die angegebene Weise in das Auge bei *o* gelangen, ohne dafs sie sich vor dem letzteren kreuzen. Es entsteht dann ein höherliegendes aufrechtes Bild *m'n'* des Schiffes. Bei der vorausgesetzten Beschaffenheit der Luft können also auch, falls das Auge in der gehörigen Entfernung ist, zwei Bilder zugleich, ein verkehrtes und ein aufrechtes, gesehen werden.

Fig. 22.



Soret und Jurine sahen auf dem Genfersee (des Morgens) ein Luftbild, das seitwärts vom Gegenstande lag, was sich aus dem Umstande erklärt, dafs die Luft über dem See zum Teil noch im Schatten lag, während sie in den angrenzenden Schichten schon erwärmt war. Auf diese Weise erhielt die Trennungsfläche der warmen und kalten Luft bis zu einer gewissen Höhe über dem Wasser eine vertikale Lage. Daher die seitliche Lage des Bildes.

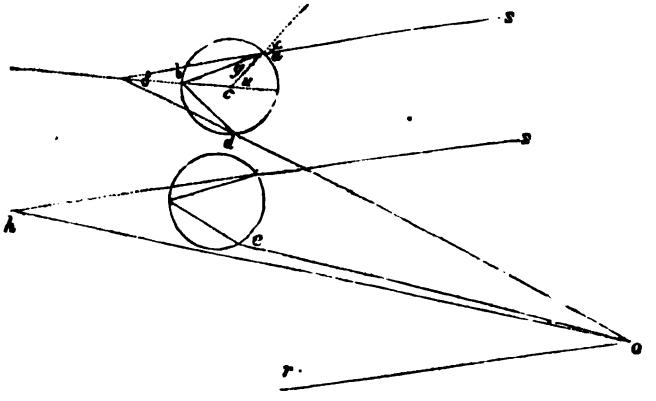
Das sogenannte Brockengespenst und andere diesem ähnliche Erscheinungen sind Schattenbilder der Beobachter und anderer Gegenstände auf Wasserdünsten.

69. *Regenbogen.*

Die bekannte Erscheinung des Regenbogens, eine Folge der Brechung und inneren Reflexion des Lichtes in Wassertropfen, zeigt die prismatischen Farben in der Weise, dafs die violetten Strahlen nach innen, die roten nach aufsen hin liegen. Ein zweiter Regenbogen, welcher häufig mit dem ersten erscheint, zeigt dieselben Farben, nur in umgekehrter Ordnung und schwächer.

Wenn der Sonnenstrahl *sa* einen Regentropfen trifft, so wird er in diesem eine Brechung erleiden. Ist x der Einfalls-, g der Brechungswinkel, *ac* das Einfallslot, so hat man bekanntlich $\sin x = n \sin g$, wenn n das Brechungsverhältnis für den Übergang des Lichtes aus Luft in Wasser ist. Bei *b* wird der gebrochene Strahl *ab* zum Teil nach *d* reflektiert, um hier den Tropfen nach einer abermaligen Brechung in der Richtung *do* zu verlassen. Werden die Linien *sa* und *do* bis zu ihrem

Fig. 23.



Durchschnittspunkt verlängert, so entsteht der Winkel δ, welchen der eintretende mit dem austretenden Strahl macht. Nun ist $u = g + g$ und auch $u = \frac{1}{2}\delta + x$, folglich $2g = \frac{1}{2}\delta + x$ und $\delta = 4g - 2x$.

Die Gröfse des Ablenkungswinkels δ (für einen bestimmten Farbestrahl) ändert sich mit dem Werte des Einfalls-

winkels x. Läfst man nun den letzteren allmählich alle Werte von 0^0—90^0 durchlaufen und bestimmt man die zugehörigen Werte von g und δ, so ergiebt sich für die roten Strahlen, dafs δ für eine kleine Änderung von x sich am wenigsten ändert, wenn dieses ungefähr $= 59^0\,23'$ ist. Der Brechungswinkel g ist dann etwa $40^0\,12'$ und der Ablenkungswinkel $\delta = 42^0\,2'$. Für jeden anderen, beträchtlich gröfseren oder kleineren, Einfallswinkel würde mit einer kleinen Veränderung desselben eine gröfsere Zu- oder Abnahme von δ verbunden sein als für den eben angeführten. Damit würde aber auch die Divergenz der aus dem Tropfen tretenden Strahlen wachsen. Man sieht nämlich ohne weiteres ein, dafs die parallel auf den Tropfen fallenden Strahlen einer bestimmten Farbeart nach ihrem Austritt divergieren müssen. Je gröfser nun die Divergenz der Strahlen, desto geringer der Eindruck, welchen sie auf das Auge machen. Nur diejenigen Strahlen, welche in nahe parallelen Richtungen aus dem Tropfen hervortreten, können einen merklichen Eindruck im Auge hervorbringen. Dies findet für die roten Strahlen unter der Bedingung statt, dafs sie den Tropfen unter einem Winkel treffen, der von $59^0\,23'$ nicht sehr beträchtlich abweicht.

Für die stärker brechbaren violetten Strahlen ist δ etwa $40^0\,16'$.

Denkt man sich nun unter *sa* ein Bündel paralleler Sonnenstrahlen, so wird dasselbe durch seine Brechnung im Regentropfen eine Farbenzerstreuung erleiden und das austretende Bündel unten rot und oben violett gefärbt sein. Das Auge in *o* erhält den Eindruck der roten Strahlen, während die stärker brechbaren Farbestrahlen darüber hinweggehen. Dagegen wird von einem tiefer gelegenen Regentropfen aus das Violett ins Auge gelangen, so dafs die zwischenliegenden Tropfen die übrigen Farbestrahlen liefern.

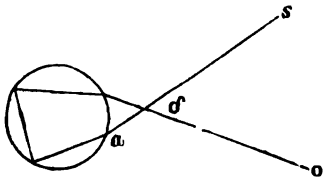
Zieht man parallel mit *sa* die Linie *or* und denkt man sich um diese die ganze Figur gedreht, so entsteht eine Kegelfläche. Dieselbe enthält alle Regentropfen, welche wirksame Farbestrahlen ins Auge senden können. Das Auge, welches sich in der Spitze dieses Kegels befindet, sieht einen lichten Kreis, der durch den Horizont *oh* unterbrochen ist und dessen Mittelpunkt auf der Geraden liegt, die man sich von der Sonne nach

dem Augs des Beobachters gezogen denken kann. Der Regenbogen erscheint als Halbkreis, wenn der Strahl *sa*, also auch *or* parallel mit dem Horizont ist; er ist um so niedriger, je höher die Sonne steht oder je gröfser der Winkel *sho* = *roh* ist. Wenn endlich die Sonne um 42° über dem Horizont steht, so sieht man in der Ebene gar keinen Regenbogen mehr, weil dessen Spitze gerade in den Horizont, er selbst aber unter denselben fällt.

Die scheinbare Breite des Regenbogens ergiebt sich aus dem Winkel *doe*, der infolge des Obigen = 42° 2′ — 40° 16′ = 1° 46′ ist, wenn man die Sonne nur als einen leuchtenden Punkt betrachtet. Da aber die Sonne unter einem Durchmesser von 30′ erscheint, so beträgt die scheinbare Breite des Regenbogens 1° 46′ + 30′ = 2° 16′.

Der äufsere gröfsere Regenbogen, welchen man häufig noch, konzentrisch mit dem ersten, wahrnimmt, entsteht durch eine zweimalige Brechung und eine zweimalige innere Reflexion der Sonnenstrahlen in Regentropfen, wie Fig. 24 zeigt. Der Winkel δ, welchen der austretende Strahl mit dem einfallenden macht, ist wieder abhängig vom Einfallswinkel. Für die roten Strahlen beträgt δ etwa 50° 59′, für die violetten 54° 9′, wenn sie einen merklichen Eindruck auf das Auge des Beobachters hervorbringen. Die Farben des äufseren Regenbogens sind blässer als die des Hauptregenbogens, weil die wiederholte innere Reflexion des Sonnenlichtes eine Schwächung desselben zur Folge hat.

Fig. 24.



Unter analogen Bedingungen können auch die Strahlen des Mondes einen Regenbogen bewirken.

Bei einer genaueren Beobachtung des Regenbogens läfst sich nicht selten aufser den gewöhnlichen farbigen Bogen noch eine Reihe anderer Bogen unterscheiden, die konzentrisch mit jenen, namentlich an der inneren Seite des Hauptregenbogens hervortreten. Diese sekundären Bogen, die man auch überzählige Bogen nennt, reichen indefs nicht bis zum Horizont herab, sondern zeigen sich mit einigermafsen lebhaftem Glanze nur an der oberen Wölbung des gewöhnlichen Regenbogens. Man hat dieselben in ver-

schiedener Anzahl beobachtet und namentlich häufig eine Reihe von grünen und roten Farbensäumen bemerkt. Diese überzähligen Bogen ergeben sich nicht sofort aus der oben zur Erklärung des Hauptregenbogens benutzten Theorie. Indessen läfst sich dieselbe im Sinne der Undulationstheorie des Lichtes dergestalt erweitern, dafs sie auch eine Erklärung jener Bogen gewährt. Th. Young betrachtete die letzteren zuerst als ein Interferenzphänomen im Geiste der eben bezeichneten Theorie. Weiter wurde dieser Gegenstand dann vom Airy*) verfolgt, welcher den Regenbogen als eine sog. Brennlinie erkannte, die infolge des Durchschneidens der in den Regentropfen gebrochenen und reflektierten Strahlen entsteht.

70. *Höfe und Nebensonnen.*

Die Höfe erscheinen als lichte Ringe, welche mitunter die Sonne, den Mond und zuweilen auch die gröfseren Planeten und Fixsterne dem Anscheine nach umgeben. Die kleinen Höfe (Kränze), welche mit dem Körper, den sie umgeben, meist zusammenhängen, sind mitunter nach aufsen hin rot gefärbt und haben bald einen gröfseren, bald einen kleineren Durchmesser. Sie werden wahrgenommen, wenn dünne Wolkenschleier (fedrige Schicht- und Haufenwolken) an dem Monde vorbeiziehen. Nach Fraunhofer lassen sich dieselben aus einer Beugung der Lichtstrahlen erklären, indem diese an den Rändern der in der Atmosphäre schwebenden Dunstkügelchen vorübergehen. Die Beugung geschieht hier ebenso, als wenn das Licht durch eine Öffnung geht, welche mit den Kügelchen gleichen Durchmesser hat. Bringt man vor das Objektiv eine Fernrohres sehr viele, gleich grofse Glaskügelchen und läfst man auf diese durch eine runde Öffnung Lichtstrahlen fallen, so sieht man im Gesichtsfelde des Fernrohres Farbenringe, welche mit jenen Höfen vollständige Ähnlichkeit haben. Je kleiner die Glaskügelchen sind, desto gröfser erscheinen die Ringe und daher mufs auch der Durchmesser der Höfe um so gröfser sein, je kleiner die Dunst-

*) Transact. of the Cambridge Phil. Society. Vol. VI, p. 379; Poggendorffs Ann. Ergänzungsband I, S. 232. Vglch. auch Miller: Phil. Mag. Ser. III, Vol. XVIII, p. 520; Poggend. Ann. Bd. LIII, S. 214; Galle: ebenda Bd. LXIII, S. 342.

kügelchen sind. Auch haben diese Höfe eine auffallende Ähnlichkeit mit der Erscheinung, welche man an einer Kerzenflamme wahrnimmt, wenn man dieselbe durch eine leicht angehauchte oder mit *semen lycopodii* bestreute Glasscheibe ansieht Die Dunstkügelchen spielen bei der Erzeugung der Höfe die Rolle der feinen Staubteilchen. Die kleineren Höfe wird man daher als eine Interferenzerscheinung des Lichtes betrachten können.

Die gröfseren Höfe bestehen aus einer mehr oder weniger grofsen Anzahl von lichten Kreisen, deren Durchmesser von verschiedener Gröfse (bis 45°, sogar 90°) ist. Man kann nach Brandes drei verschiedene Arten von Kreisen unterscheiden. Die einen gehen durch die Sonne, die andern haben dieselbe zum Centrum und sind mitunter auf ihrer inneren Seite rot gefärbt, die dritten endlich sind unvollkommene Kreise, welche die zweiten von aufsen berühren. Man sieht dieses Phänomen am häufigsten in nördlichen Gegenden und während der kälteren Jahreszeit. Doch hat man dasselbe auch zwischen den Wendekreisen wahrgenommen. Dasselbe hat seinen Ursprung in kleinen in der Atmosphäre schwebenden Eisnadeln. Wenn prismatische Eisnadeln bei vertikaler Stellung ihrer Axen in der Luft herabsinken, so entstehen durch Reflexion der Sonnenstrahlen an den Seitenflächen dieser Prismen Sonnenbilder, die zusammen einen weifsen Kreis bilden, dessen Breite dem scheinbaren Durchmesser der Sonne gleich kommt, und der oft mit dem Horizont parallel um den ganzen Himmel gehen kann. Auf diese Weise entsteht der öfter gesehene, durch die Sonne gehende weifse Horizontalkreis. Ein ähnlicher vertikaler Kreis kann durch gleichzeitig vorhandene kürzere Eisprismen, deren Grundflächen während des Herabfallens vertikal stehen, gebildet werden. Ein Stück dieses vertikalen Kreises erscheint bei niedrigem Stande der Sonne oft über derselben in der Gestalt einer Säule. Bei der Gegenwart beider Kreise, sowohl des vertikalen als auch des horizontalen, bemerkt man ein Kreuz. Nach Bravais entstehen die vertikalen Säulen über der Sonne (bei ihrem Aufgange) durch äufsere Reflexion der Lichtstrahlen an der unteren Grundfläche, oder durch eine innere an der oberen Grundfläche von Eisprismen mit senkrechter Axe. — Die farbigen Kreise oder Ringe, welche die Sonne oder den Mond zu

ihrem Centrum haben, erklärte Fraunhofer durch eine Brechung der Lichtstrahlen in drei- oder sechsseitigen Eisprismen.

Die Nebensonnen und Nebenmonde erscheinen gewöhnlich in dem Durchschnitte des vorher erwähnten weifsen Horizontalkreises (Nebensonnenkreis) mit einem inneren farbigen Ringe, dessen Farben sie zeigen. Dieselben sind auch häufig noch durch einen langen, glänzenden Schweif charakterisiert, der sich auf dem Horizontalkreise forterstreckt. Diese Erscheinungen, von denen man mitunter eine gröfsere Anzahl (5—7) zugleich gesehen hat, lassen sich nicht ohne weiteres als die Wirkung einer Vereinigung zweier oder mehrerer Lichtkreise betrachten, sondern müssen aus der Brechung und teilweise aus der inneren Reflexion der Lichtstrahlen in Eisprismen erklärt werden. Nach Bravais sind die auf dem Nebensonnenkreise in verschiedenem Abstande von der Sonne liegenden Nebensonnen aus sternförmigen Sechs- oder Zwölfecken abzuleiten. Öfter erscheinen die Nebensonnen auch ohne die Ringe oder umgekehrt diese ohne jene.

Zuweilen hat man derartige Erscheinungen auch im Sommer beobachtet, was man begreiflich finden wird, wenn man sich erinnert, dafs selbst um diese Zeit in den oberen Regionen der Atmosphäre Eiskrystalle in gröfserer Anzahl entstehen, die natürlich beim Herabfallen in den unteren wärmeren Luftschichten meist schmelzen oder verdunsten müssen.

71. *Zodiakallicht.*

Das Zodiakallicht erscheint als ein blasser weifslicher Lichtstreifen in der Form einer schiefliegenden Pyramide, deren Basis auf dem Horizont steht, während die Spitze nach dem kulminierenden Punkte des Äquators gerichtet ist. Der ganze Streifen fällt am Himmel in den Tierkreis und die Axe desselben beinahe ganz mit der Ebene des Sonnenäquators zusammen. Die Neigung der Axe gegen den Horizont ist für verschiedene Orte ungleich, am geringsten unter dem Äquator, wo die Lichtpyramide beinahe senkrecht auf dem Horizont steht. Auch erscheint sie innerhalb der Tropen häufiger und leuchtender als in höheren Breiten. In unseren Gegenden sieht man das

Zodiakallicht vornehmlich zur Zeit der Nachtgleichen, im Frühling nach der Abenddämmerung über dem westlichen, im Herbste vor der Morgendämmerung über dem östlichen Horizonte. Man hat dasselbe nicht selten auch zur Zeit unseres Winters als ein schwaches, diffuses Licht wahrgenommen. Auf der nördlichen Halbkugel ist die Spitze nach Süden gerichtet und zwar nach der linken Seite des Beobachters hin geneigt. Auf der südlichen verhält es sich umgekehrt.

Nach Cassini und Mairan sollte das Zodiakallicht die entweder selbst leuchtende oder erleuchtete Atmosphäre der Sonne sein, welche wegen des schnellen Umschwungs der letzteren die Gestalt eines in der Richtung des Sonnenäquators liegenden Streifens erhalte. Andere sind der Meinung, dafs es von einem abgeplatteten, in dem Raume zwischen Venus- und Marsbahn kreisenden Dunstringe ausstrahle. Neuerdings hat G. Jones die Ansicht hervorgehoben, dafs das Zodiakallicht von einem nebelartigen Ringe herrühre, der innerhalb der Mondbahn sich um die Erde bewege. Ein ähnlicher Gedanke wurde bereits früher von Heis ausgesprochen (s. Wochenschrift für Astronomie etc. 1863. Nr. 14).

Wright*) gelangte auf Grund von spektroskopischen Beobachtungen in betreff des Zodiakallichtes zu nachstehenden Ergebnissen. Das Zodiakallicht ist in einer durch die Sonne gehenden Ebene polarisiert und sein Spektrum, abgesehen von Intensität, nicht wahrnehmbar verschieden von dem des Sonnenlichtes. Das Licht stammt aus der Sonne und ist von starrer Substanz reflektiert. Letztere besteht aus kleinen Körperchen (Meteoriten), die die Sonne in Bahnen umkreisen, welche gegen die Ekliptik zusammengedrängt sind.

72. *Sternschnuppen.*

Die Sternschnuppen erscheinen bekanntermafsen als sternähnliche, leuchtende Punkte von verschiedener Gröfse und Lichtstärke, bald wie Sterne der dritten bis sechsten Gröfse, bald mit einem Glanze, der dem des Jupiter und der Venus gleichkommt oder gar denselben übertrifft. Ihre Bewegung ist in der Regel sehr schnell. Durch korrespondierende Beobachtungen hat sich ergeben, dafs sie sich mit einer Geschwindigkeit

*) Journal of Science Vol. XVII; Poggend. Ann. der Physik und Chemie 1874, Nr. 6, S. 353; Wochenschrift für Astronomie etc. 1874, Nr. 44, S. 351.

von 3—8 Meilen in der Sekunde fortbewegen und dafs ihre Höhe im Mittel 10—15, aber auch 30—35 Meilen beträgt. Man kann hieraus schliefsen, dafs die Sternschnuppen unserer Atmosphäre nicht eigentümlich angehören, sondern dafs sie kosmische Massen sind, wofür auch der Umstand spricht, dafs ihre scheinbaren Bahnen vorherrschend von Ost nach West gerichtet sind.

Die Sternschnuppen zeigen sich in allen Gegenden; ihre Anzahl ist aber in verschiedenen Nächten und Jahreszeiten sehr ungleich. Seit einer Reihe von Jahren hat sich die interessante Thatsache herausgestellt, dafs sie an gewissen Jahrestagen besonders häufig und zwar periodisch auftreten. So zeigten sich öfter in der Zeit vom 11.—14. November wahre Sternschnuppenschwärme, im Jahre 1832 z. B. in ganz Europa, 1833 um dieselbe Zeit in ganz Nordamerika. In neuerer Zeit bot dieses November-Phänomen eine gewisse Unregelmäfsigkeit dar. Doch wird die am 14. November 1867 auf dem Observatorium zu Washington beobachtete Sternschnuppen-Erscheinung als eine der brillantesten seit Anfang dieses Jahrhunderts bezeichnet.

Eine zweite Epoche häufiger Sternschnuppenfälle sind die Nächte vom 10.—15. August. Quetelet hat in unserem Jahrhundert 50 Jahre aufgezählt, welche zu der eben angegebenen Zeit durch eine sehr grofse Anzahl von Sternschnuppen charakterisiert waren.

Bei dem grofsen Sternschnuppenphänomen, welches man im November 1833 in Amerika beobachtete, gingen die Meteore scheinbar von einem Punkte aus, welcher eine feste Lage gegen die Sonne hatte und daher nicht an der Drehung der Erde teilnahm, woraus sich schliefsen läfst, dafs die Meteore ursprünglich unter sich parallel waren, und ihre Divergenz nur auf optischer Täuschung beruhte. Jener Punkt der scheinbaren Radiation oder Ausstrahlung der Meteore lag im Halse des Sternbildes des Löwen, und fiel nahe mit dem Punkte zusammen, auf welchen nach Enke's Berechnung die Erde zur Zeit der Sichtbarkeit des Phänomens zueilte.

Die Sternschnuppen der November-Periode bieten nach Heis das Eigentümliche, dafs ihre Bahnen mehr zerstreut sind, als die Bahnen derjenigen, welche der August-Periode zugehören. In keiner der beiden Perioden gehen übrigens die Meteore

immer von demselben Sternbilde aus; vielmehr giebt es in beiden mehrere Ausgangspunkte.

Von den periodischen Sternschnuppen unterscheidet man die sporadischen, welche das ganze Jahr hindurch zu Tage treten, und nach der Angabe einiger Beobachter sich in allen möglichen Richtungen bewegen sollen. Dagegen haben die Beobachtungen von Schmidt und Heis zu dem Resultate geführt, dafs auch während des ganzen Jahres die Sternschnuppen eine gewisse Richtung verfolgen, indem bei weitem die meisten aus der Gegend des Perseus herkommen.

Wahrscheinlich sind nun die Sternschnuppen, wie wir schon erwähnt haben, kleine kosmische Massen, welche sich mit planetarischer Geschwindigkeit, nach den Gesetzen der allgemeinen Schwere um die Sonne bewegen und dabei zu gewissen Zeiten die Erdbahn durchschneiden. Die Thatsache, dafs im August und November eine gröfsere Anzahl sichtbar ist, erklärt sich dann aus dem Umstande, dafs die Bahnen vieler solcher Körper gerade da einander am nächsten liegen, wo die Erde sich zur Zeit der angeführten Epochen befindet. Eine zahllose Menge dieser Körper kann gewissermafsen einen geschlossenen Ring bilden, so dafs sie in demselben einerlei Bahn beschreiben. Dagegen mögen sie in einem solchem Ringe ungleich verteilt sein und nur hie und da in dichten Gruppen beisammen stehen, womit es denn zusammenhängen wird, dafs das Phänomen nicht in allen Jahren in gleicher Fülle auftritt. Auch kann auf verschiedene Weise, namentlich durch die Einwirkung anderer Weltkörper, eine Veränderung in der Bahn solcher Ringe, ein z. T. regelmäfsiges Fortrücken oder ein infolge von Perturbationen herbeigeführtes Schwanken der Knoten, d. h. der Durchschnittspunkte der Erdbahn und der Ringe stattfinden.

73. *Feuerkugeln. Meteorsteine.*

Die Feuerkugeln erscheinen häufig gleichzeitig mit den Sternschnuppen in der Gestalt leuchtender Massen, welche sich in einer mehr oder weniger gegen den Horizont geneigten Bahn, bisweilen in Bogensprüngen, mit grofser Geschwindigkeit bewegen. Das Licht dieser Körper ist von verschiedener Helligkeit. Auch hat man bemerkt, dafs ihre Gestalt während des

Laufes veränderlich ist. Während man von diesen Feuerkugeln, die meist einen Schweif nach sich ziehen, manche dem Auge nach verschwinden, und gar keine Spur oder nur kurze Zeit hindurch einen Lichtstreif hinterlassen, explodiren andere unter einem betäubenden Knalle und werfen Theile, welche zur Erde gelangen, meist als Meteorsteine. Dieselben erscheinen rücksichtlich ihrer Gestalt meist unvollkommen polyedrisch, mit stark abgerundeten Kanten, convexen oder concaven Flächen. Sie haben eine dunkelgraue bis schwarze, pechartig oder schwach metallisch glänzende Rinde. Die innere Grundmasse der Meteorsteine hat eine hell- bis dunkelgraue Farbe und besteht hauptsächlich aus Talkerde, worin Nester von gediegenem Eisen mit Nickel, Magneteisen, Schwefeleisen und verschiedenen Silicaten enthalten. Manche Meteormassen bestanden ganz aus gediegenem Eisen, während wieder andere ganz frei davon waren. Das Meteoreisen zeigt fast immer eine große Menge innerer Höhlungen, welche mit Körnern und Krystallen von Olivin angefüllt sind. Rammelsberg fand einen im Kreise Nordhausen gefallenen Stein gemengt aus Nickeleisen, Chromeisen, Magnetkies, Olivin, Labrador und Augit. Die Mehrzahl der bisher untersuchten Meteorsteinmassen fand man zusammengesetzt aus Nickeleisen und einem olivinhaltigen augitartigen Gestein.

Das Gewicht der gefallenen Massen ist sehr verschieden. Im Jahre 1751 fiel zu Agram eine 71 Pfund schwere Eisenmasse nieder. In Mexico hat man aber auch Meteormassen gefunden, deren Gewicht zu 300 Centner bestimmt wurde.

Alle Meteorsteinmassen, die man fallen sah und unverzüglich aufhob, haben, nach von Reichenbach, ein zartes schwaches Häutchen von Eisenoxydul, das kaum Papierdicke besitzt; alle unvordenklich alten Massen aber, die man in der Erde gefunden hat, besitzen eine grobe, dunkelbraune, dicke, gewöhnlich blätterig sich abschuppende Kruste, welche, zumeist aus Eisenoxydhydrat bestehend, nicht wie jenes Häutchen uranfänglich — beim Eindringen jener Massen in die Erdatmosphäre — entstanden, sondern erst nach dem Sturze allmählich rostartig angewachsen ist. Nach einigen Naturforschern sollten die Meteoriten in den oberen Regionen der Atmosphäre durch Verdichtung mineralischer, der Erde entstammender Dämpfe entstehen, nach anderen aber von den Vulkanen des Mondes ausgeworfen werden. In neuerer Zeit hat sich jedoch die Ansicht geltend gemacht, dafs sie gleich den Stern-

schnuppen kosmische Massen sind, welche je nach ihrer Bahn einen gröfseren oder kleineren Teil der Erdatmosphäre durcheilen, wo sie denn, indem ihre Bewegung gehemmt wird, in Berührung mit der zusammengedrückten Luft erglühen. Erfährt die Bewegung eines Meteoriten von Seiten der Luft eine hinreichend starke Hemmung, so mufs derselbe vermöge der Schwere auf die Erde herabfallen.

Nach Schiaparelli*) sind die Sternschnuppen wahrscheinlich Produkte der Auflösung von Kometen, und bestehen aus an sich dunklen, meist festen Körperchen, welche uns erst im Bereiche unserer Atmosphäre, und zwar in den höheren Schichten derselben sichtbar werden. Demgemäfs können auch nur die innerhalb unserer Atmosphäre befindlichen Bahnen der Sternschnuppen Gegenstand der Beobachtung sein. Aus der Beschaffenheit dieser Bahnen lassen sich die nicht sichtbaren kosmischen Bahnen ableiten. Die letzteren sind parabolisch, d. h. kometarischer Natur. Aus der parabolischen Bewegung der Meteore ergeben sich in Verbindung mit der Bewegung der Erde die Gesetze der täglichen, jährlichen und azimutalen Variation der Häufigkeit der Sternschnuppen. Verschiedene Störungen in der Häufigkeit und Bewegungsrichtung dieser Meteore werden durch die Anziehung der Erde und der anderen Planeten bewirkt. — Die Meteorsteine und Eisenmassen (Meteoriten) kommen in hyperbolischen Bahnen aus allen Gegenden des Weltraumes zu unserer Erde.

74. *Irrlichter.*

Nach den eben angestellten Betrachtungen über die Meteore wenden wir uns wieder der Erdoberfläche zu, um einer Erscheinung zu gedenken, die noch keineswegs genügend erforscht ist, aber wohl ohne Zweifel der Erde selbst angehört, obschon Kastner dabei an einen Zusammenhang mit Sternschnuppen und Kometen dachte. Unter einem Irrlicht versteht man bekanntlich eine eigentümliche Lichterscheinung, welche zur Nachtzeit in sumpfigen Gegenden, Mooren, überhaupt an feuchten Orten, wo vegetabilische und animalische Stoffe der Verwesung und Fäulnis unterliegen, hervortreten soll. Eine gröfsere Lichterscheinung dieser Art nennt man wohl auch Irrwisch. Zu den ersten zuverlässigen Beobachtungen über diesen Gegenstand gehören die Wahrnehmungen, welche Bessel auf einem Moore des Herzog-

*) Entwurf einer astronomischen Theorie der Sternschnuppen, deutsch von G. v. Boguslawski. Stettin 1871.

tums Brennen machte. Derselbe sah daselbst Flämmchen von etwas bläulicher Farbe, die nach einiger Zeit wieder verschwanden. Die Lichtstärke derselben war sehr gering. Oft nahmen zahlreiche Gruppen von ihnen eine Bewegung in horizontaler Richtung an, während andere in unveränderter Stellung blieben. — Knorr beobachtete ein Irrlicht von cylindrischer Form und mattem Glanze in einem Sumpfe. Dasselbe, etwa 5″ lang und 1½″ breit, erschien unbeweglich. Knorr hielt die Spitze seines mit einer dünnen Hülse von Messingblech beschlagenen Stockes längere Zeit in die Flamme, ohne dafs er jedoch die geringste Spur einer Erwärmung bemerken konnte. — Dagegen sah man, nach de la Selve, eines Abends zu Fontainebleau in mehreren Strafsen phosphorische Flammen aus schlammigen Pfützen aufsteigen, während man gleichzeitig einen starken Phosphorgeruch spürte. Von anderer Art waren wieder einige Erscheinungen, die Filopanti zu Bologna beobachtete. Das erste Mal sah er eine Flamme aus der Erde bis zu einer gewissen Höhe aufsteigen und mit einem Knall verschwinden. Eine andere Flamme wurde in horizontaler Richtung vom Winde über einen Flufs getragen. Zum dritten Male war es eine Flamme, oben mit einem Rauche, welche langsam fortschritt und die Richtung änderte, wenn man sich ihr näherte. Werg, welches um einen Stock gewickelt hineingehalten wurde, entzündete sich mit Leichtigkeit. Diese Flamme zeigte sich in der Nähe einer Hanfröste.*)

Zehntes Kapitel.

Veränderungen der Erde.

Die hauptsächlichsten Ursachen der Veränderungen, welche die Erde noch täglich, zum Teil unter unseren Augen, erleidet, sind Luft, Wasser, Wärme, die Pflanzen- und niedere Tierwelt. Die genannten Agentien wirken teils zusammen, teils vereinzelt, bald mit, bald wider einander, sowohl chemisch als auch mechanisch.

---

*) Weiteres über diese Erscheinungen s. in d. Verf. Meteorologie. S. 529 ff.

75. *Veränderungen durch den chemischen Prozess. (Verwitterung.)*

Es ist Thatsache, dafs auch die härtesten Gesteine, wenn sie dem Einflusse der atmosphärischen Luft und des Wassers ausgesetzt sind, zerfallen, ein Prozefs, der nach der Beschaffenheit der Gesteine und nach sonstigen Umständen schneller oder langsamer, aber unausgesetzt von Statten geht. Er ist bekannt unter dem Namen der Verwitterung. Ihren Einfluſs gewahrt man nicht selten an dem zerrissenen Aussehen vieler Bergspitzen, wie denn auch viele isoliert daliegende Felsblöcke wahrscheinlich Überreste verwitterter Gebirge sind. Auch die Ackererde verdankt ihr Dasein, hinsichtlich der mineralischen Bestandteile dem Prozesse der Verwitterung. Die meisten Gebirgsarten, wie der Feldspat, Basalt, Thonschiefer, Porphyr, viele Glieder der Kalkformation sind Gemenge von Silicaten, d. h. sie bestehen aus mannigfachen Verbindungen von Kieselerde mit Thonerde, Kalk, Kali, Natron, Eisen- und Manganoxydul. In allen diesen Verbindungen spielt die Kieselerde die Rolle einer schwachen Säure, die durch andere Säuren, und zwar hier namentlich durch die Kohlensäure der Atmosphäre ausgeschieden werden kann. Indem dies geschieht, werden die im Wasser löslichen Silicate durch die Kohlensäure mehr oder minder vollständig zersetzt. Die Zersetzung der Silicate durch Einwirkung des Wasssers und der Kohlensäure geht um so rascher von Statten, je mehr Alkali sie enthalten.

Die Alkalien, Kalk und Bittererde werden hierbei teils allein, teils in Verbindung mit Kieselerde aufgelöst, während die Thonerde entweder gemengt oder in Verbindung mit Kieselerde zurückbleibt. Der Feldspat, welcher als eine Verbindung von kieselsaurem Kali mit kieselsaurer Thonerde betrachtet werden kann, ist vorzugsweise der Verwitterung ausgesetzt und giebt somit, weil er in vielen Gebirgsarten, namentlich im Granit, vorherrscht, auch zur Zersetzung der ganzen Masse Veranlassung. Das im Wasser unlösliche Produkt der Feldspatverwitterung ist dann der Thon. Nicht minder zerstörend wirkt das kohlensäurehaltige Wasser auf Sandstein, was dadurch geschieht, dafs es das gewöhnliche Bindemittel desselben, den Kalk, auflöst.

Zu den durch das kohlensäurehaltige Wasser bewirkten Zersetzungen, denen auch das Aushöhlen der Kalksteine zugerechnet werden mufs, gesellen sich noch die Veränderungen, welche an Felsen durch den Sauerstoff der Atmosphäre, durch den Wechsel von Nässe und Trockenheit, durch Thau und Reif hervorgebracht werden. Das Eisenoxydul, welches in vielen Mineralien als färbender Bestandteil vorhanden ist, geht durch Aufnahme von Sauerstoff in Eisenoxyd über, wodurch das Gestein selbst in ein lockeres Gemenge verschiedener Zersetzungsprodukte zerfällt. Von Bedeutung ist aber auch die durch den Wechsel von Frost und Aufthauen bewirkte Verwitterung der Gebirge. Wenn nämlich Wasser in die Spalten und Poren oder zwischen die Ablösungen und Absonderungen der Schichten eindringt und gefriert, so werden durch die im Moment der Erstarrung erfolgende Ausdehnung des Eises die härtesten Massen zersprengt, so dafs die getrennten Teile beim Aufthauen des Eises als eckige Trümmer, wie bei stark zerspaltenen Kalksteinen und Dolomiten, oder in der Form von Grus und Sand, wie bei Graniten und Sandsteinen, nach dem Gesetze der Schwere herabfallen und sich am Fufse der Felswände anhäufen.

76. *Veränderungen der Erde durch atmosphärisches Wasser.*

Wenn atmosphärisches Wasser in lockeren Boden eindringt, so wird derselbe aufgeweicht, es lösen sich an steilen Gehängen ganze Massen ab und bilden am Fufse des Abhanges einen Schuttkegel. Solches wird namentlich durch heftige Regengüsse an lehmigen Berghalden bewirkt, indem das Wasser sich zwischen der Dammerde und dem Lehme ansammelt. Als eine Wirkung heftigen Regens sind auch die sogenannten Schlammströme zu betrachten, welche meist entstehen, wenn jene Erdfälle in Gebirgsbäche rutschen, oder wenn das von den Felsen zusammengelaufene Wasser eine Menge Erde, Sand, Steine u. dgl. von den Bergwänden herabführt und somit im Bache einen Damm bildet, welcher den Abfluſs des Wassers hindert. Durch derartige Ströme werden nicht selten die am Fufse des Abhanges befindlichen Wiesen, Äcker und Gärten verwüstet.

Wenn ein Berg aus verschiedenen Gesteinslagen so zusammengesetzt ist, dafs die oberen der Flüssigkeit den Durch-

gang bis zu einer tieferen gestatten, so kann diese wegen leichterer Zerstörbarkeit leichter aufgelöst werden als jene. Werden nun die aufgelösten Bestandteile vom Wasser durch Klüfte in das nächstliegende Thal geführt, so verliert die obere Schicht einen Teil ihrer Stützpunkte oder auch ihre ganze Grundlage und fällt auf die untere Schicht nieder. Hat aber die untere Schicht eine bedeutende Neigung gegen den Horizont, so gleitet die obere abwärts und zwar bei beträchtlicher Höhe mit beschleunigter Geschwindigkeit, wodurch gewöhnlich die nächsten Tiefen ausgefüllt werden.

Bei anderen Erdfällen sinken die ihrer Stützpunkte beraubten Massen senkrecht in die Tiefe hinab. Solche Erdstürze haben meistens ihre Ursache in unterirdischen Höhlen, deren Decken nicht mehr im Stande sind, die auf ihnen liegenden Massen zu tragen. Die Höhlen selbst entstehen wohl gröfstenteils durch Auswaschung gewisser Gebirgsarten (Gyps, Kalkstein) von Seiten des Wassers.

Wenn atmosphärisches Wasser als Schnee herabfällt und sich an hohen Gebirgen ansammelt, so entstehen mitunter die gefährlichsten Schneestürze oder Lawinen, welche ganze Ortschaften verschütten oder Flussbetten verdämmen und so auf entferntere Gegenden wirken. Man unterscheidet Staub- und Grundlawinen. Jene ereignen sich gewöhnlich im Winter nach starken Schneefällen, indem an steilen Gehängen Schneemassen sich ablösen, in die Tiefe stürzen und zum Teil zerstäuben. Die Grundlawinen gleiten einem Schuttstrome ähnlich an Abhängen herunter und entstehen im Frühling bei Thauwetter, vermöge dessen der Zusammenhang zwischen den betreffenden Schneedecken und ihrer Grundlage (dem Boden) aufgehoben wird.

77. *Veränderungen der Erdoberfläche durch Gletscher.*

Durch die Bewegung der Gletscher werden je nach ihrer Masse und Geschwindigkeit alle unter ihnen befindlichen Körper mehr oder weniger zerrieben oder abgeschliffen, was bei einer felsigen Unterlage eine Glättung derselben zur Folge hat. Häufig beobachtete man auch an den Schlifflächen Ritze und

Furchen, welche ihre Richtung gewöhnlich in der Längenausdehnung der Gletscher haben. Indessen ist bezüglich der einem Gletscher zugeschriebenen Erosion das, was die bewegte Eismasse selbst bewirkt, zu unterscheiden von den Wirkungen der festen Körper, die der Gletscher an seiner Grundfläche mit fortbewegt. Manche Geologen haben jüngst die erodierende Wirkung der Gletscher in ziemlich enge Grenzen eingeschlossen.*)

Aus Nr. 39 ist ferner bekannt, dafs durch die Gletscher Gebirgsschutt und Felsblöcke aus den höheren Gebirgsgegenden weiter herabgeführt werden. Schuttwälle, die als sogenannte Endmoränen erscheinen, hat man nun in den Alpen in grofsen Entfernungen von dem jetzigen Gebiete der Gletscher angetroffen, woraus sich entnehmen läfst, dafs die Gletscher in früherer Zeit eine ungewöhnlich grofse Ausdehnung hatten. Auch sollen die erratischen Blöcke, die man am nördlichen und südlichen Abhange der Alpen, in besonders grofsartiger Weise aber im nördlichen Europa und Amerika findet, durch Gletscher nach ihrer jetzigen Lagerstätte gebracht worden sein. Diese Blöcke sind Felstrümmer, fremd den benachbarten Gebirgsarten, so dafs sie wohl gewifs aus weiter Ferne herbeigekommen sind. Nach L. v. Buch sind dieselben im Verlaufe einer ungeheuren Flut aus den höheren Gebirgsgegenden in die Ebenen geführt worden. Nach Studer lassen sich aber in den Alpen und wahrscheinlich auch anderwärts drei Klassen erratischer Blöcke von einander unterscheiden, je nach der Gestalt der letzteren und der Gebirgslokalität, worin sie vorkommen. Die eine und wohl auch ein Teil der andern Klasse begreift Blöcke in sich, die infolge einer Flut und zwar auf einer Unterlage von Treibeis herbeigeführt sein können. Diese Fortführungsweise ist dagegen unwahrscheinlich für solche Blöcke, die in gewissen linearen Anordnungen (ähnlich den Moränen) auf sehr ungleichen Höhen vorkommen. Hier bietet die Ansicht von einer Fortführung erratischer Blöcke durch die Bewegung von Gletschern weniger Schwierigkeit.

---

*) s. Heim, Handbuch der Gletscherkunde, Stuttgart 1885. Vergl. auch Penck, Die Vergletscherung der deutschen Alpen, ihre Ursache, periodische Wiederkehr und ihr Einfluſs auf die Bodengestaltung. Leipzig 1882.

Die bisher beschriebenen Wirkungen haben meist zur Folge, dafs Gebirge erniedrigt und Thäler erhöht werden.

Gegen die Annahme, dafs Gletscher von Skandinavien bis an den Fufs der mitteldeutschen Gebirge sich einst ausdehnten, lassen sich erhebliche Bedenken geltend machen, wie dies jüngst von Th. Overbeck*) geschehen ist. Derselbe weist zunächst darauf hin, dafs die Bewegung einer Gletschermasse immerhin ein gewisses Gefälle erfordert, mindestens 3°. Nun läfst sich im Hinblick auf die bekannte Entfernung der skandinavischen Hochgebirge berechnen, wie hoch dieselben gewesen sein mufsten, um Gletscherströme bis zur norddeutschen Tiefebene resp. bis an den Fufs der mitteldeutschen Gebirge herabzusenden. Die Berechnung ergab eine Höhe von 80—100,000 Fufs, mithin eine dreimal gröfsere Höhe, als das Himalaya-Gebirge sie heute besitzt. Um die so mächtigen Diluvialablagerungen, Lager von Felstrümmern, Thon und Sand durch die Gletscherthätigkeit von dem fernen Skandinavien herbeizuschaffen, müfste sich dort nicht nur ein Gebirge mit einzelnen Gipfeln von 80,000 Fufs, sondern ein ganzes Hochland in dieser Höhe befunden haben, da ein Gletscher doch eigentlich nur das von oben auf ihn herabfallende Material transportieren kann. Sodann wird darauf hingewiesen, dafs die in der norddeutschen Ebene vorkommenden Felstrümmer, grofse und kleine erratischen Blöcke und Geschiebe fast ausnahmslos gerundet, abgeschliffen, folglich lange gerollt sind, wogegen die erratischen Blöcke und Gebirgstrümmer, welche alle noch heute existierenden Gletscher transportieren und ablagern, sich völlig scharfkantig und nicht gerollt zeigen. Die erratischen Blöcke der norddeutschen Ebene sind überhaupt nicht skandinavischen Ursprungs, sondern sie gleichen, wie es im Hinblick auf eine Arbeit von H. O. Lang**) heifst, genau denjenigen, welche die Expeditionen der letzten Jahre aus hohen nordischen Breiten, von den Inseln des Nord-Polargebietes zurückbrachten. Die Ursachen nun, welche aus den höheren nordischen Breiten grofse Felsblöcke, Gerölle und Schlammmassen herabführten, die Gerölle und Felsblöcke abrundeten und dann alles auf einer Fläche von vielen tausenden von Quadratmeilen absetzten, waren Fluten von solcher Mächtigkeit, dafs die gröfsten Überflutungen, von denen wir geschichtliche Überlieferungen besitzen, dagegen winzige Erscheinungen zu nennen sind. Was aber ferner die vereinzelten, unzweifelhaften Gletscherspuren im norddeutschen Tieflande betrifft, so konnten hier, wie noch heute

*) Die Eiszeit und deren Beziehungen zu den Bildungen des norddeutschen Tieflandes in „Das Ausland" 1885, Nr. 29 ff., Nr. 44.

**) In den Abhandlungen des Naturw. Vereins zu Bremen, 6. Bd. 1, Heft. 1879.

im hohen Norden, auch damals in dem kalten und feuchten Klima bei sehr tief herabgehender Schneelinie unter besonders günstigen Umständen, z. B. in einem hohen Hügellande mit hochliegenden kalten Sümpfen, sich kleine lokale Gletscher bilden. Eine andere und zwar näher liegende Ursache sieht Overbeck in dem Umstande, dafs die aus hohem Norden, durch die damals nach Norden zu mit dem Eismeere in Verbindung stehende Ostsee, heranbrausenden gewaltigen Sturmfluten mit grossen Eismassen und Gletschertrümmern beladen waren. „Diese Eisberge und Eisfelder mufsten an allen hochliegenden Kuppen stranden und sich dort zu grofsen Massen auftürmen, welche nach dem sehr schnell eintretenden Fallen der Gewässer liegen blieben und allmählich, vielleicht erst nach Jahren, völlig auftauend, die im höchsten Norden begonnene Gletscherthätigkeit hier fortsetzten und zu Ende führten."

78. *Veränderungen der Erdoberfläche durch das Meer- und Flufswasser.*

Das Meer wirkt durch alle seine Bewegungen zerstörend und erweiternd auf die Ufer, indem es dieselben zernagt, auswäscht und verschlingt. Natürlich kommt hierbei viel auf die Gestalt und sonstige Beschaffenheit der Ufer an. So werden flache Ufer gröfsere Veränderungen als steile Küsten erleiden, obgleich auch diese, namentlich wenn sie nach gewissen Richtungen Spalten werfen und sich dadurch in Bruchstücke und Blöcke sondern, dem zerstörenden Einflusse des Meerwassers auf die Dauer nicht widerstehen können. Am schnellsten geht die Zerstörung von statten, wenn die Küsten aus Lagern von Thon, Sand, Geschieben und Kreidegeröllen bestehen. Die nach dem Lande sich hinbewegende Welle löst Teile desselben ab, welche dann vom rückströmenden Wasser dem Meer zugeführt werden. So nimmt also das Meer einen Teil des festen Landes hinweg. An der dalmatischen Küste z. B. findet man Bauten im Meer, die offenbar auf trocknem Lande angelegt wurden. An der östlichen Gestadelinie Englands ist die ganze Küste von Yorkshire, von der Mündung des Tee bis zu der des Humber, in einem Zustande stufenweisen Verfalls. Ähnliche Verheerungen durch Meeres-

fluten zeigen die flachen und sandigen Nordseeküsten Hollands und Deutschlands.

Grofsartiger als die Zerstörungen von Küsten sind die Durchbrüche, welche aus einem Meere in das andere erfolgt sind und die meist sehr frühen Epochen unseres Erdballes angehören müssen. Dahin rechnet man den Durchbruch der Meerenge von Gibraltar und des thrazischen Bosporus. Auch ist es aus physischen Gründen wahrscheinlich, dafs England und Frankreich früher eine Landenge verbunden hat, welche von den Meeresfluten durchbrochen worden ist.

Auf ähnliche Weise wie das Meer wirken die Flüsse und Bäche zerstörend auf die Ufer. Als eine hierher gehörige Veränderung ist die Thalbildung zu nennen, welche gewifs zum Teil durch die Stofs- und Treibkraft von Flüssen und Strömen bedingt war.*) Gelegentlich sei hier auch auf eine allmähliche Erniedrigung der Wasserfälle hingewiesen, da die Felsen, welche dieselben bedingen, teils durch Verwitterung, teils durch die mechanische Gewalt des Wassers an Masse verlieren, und in manchen Fällen wohl auch, nach einer Bemerkung von Humboldt, das Flufsbett unterhalb des Falles durch Anhäufung von Sand und Schlamm erhöht wird.

Während nun das Wasser auf der einen Seite einen Teil des festen Landes hinwegnimmt, setzt es auf der andern Seite auch wieder neues Land an, was namentlich durch Flüsse und Bäche bewirkt wird, indem sie Steine und Erde von den höher gelegenen Gegenden dem Meere zuführen und an den Mündungen liegen lassen. Wo ihr Lauf schnell ist, waschen sie das Ufer aus, führen Erde, Steine und Sand streckenweise mit sich fort und setzen es wieder ab, wo ihre Geschwindigkeit geringer wird. Nach Horner soll der Rhein binnen 24 Stunden 445,981 Cub.-Fufs feste Teilchen bei Bonn vorüberführen und nach Lyell führt der Ganges jährlich über $6^1/_2$ Millionen Tonnen fester Substanzen ins Meer.

Durch die an den Mündungen der Flüsse von den letzteren abgesetzten festen Teilchen entstehen auch die sog. Meeres-

---

* Hinsichtlich der Thalbildung vgl. Penck: Zeitschrift der Ges. für Erdkunde zu Berlin, Bd. 11 S. 40; K. Schneider: ebenda Bd. 18 S. 27.

delta, falls nämlich die von einem Flusse fortgeführten Massen von Sand, Schlamm und Geschieben sich dergestalt anhäufen können, dafs sie in der Form einer Insel über den Wasserspiegel emporragen. Von Belang für die Entstehung und Ausgestaltung der Deltas sind nach R. Credner*) Hebungen der Küste.

Manche Flüsse, welche durch starke Regengüsse bedeutend anschwellen, überschwemmen das feste Land und erhöhen dasselbe durch den Schlamm, den sie bei ihrem langsamen Rückzuge absetzen.

Die vom Meere losgerissenen und zerbröckelten Bestandteile der Küsten häufen sich entweder auf dem Grunde, um Sandbänke oder bei fortgesetzter Vergrößerung Inseln zu bilden, oder sie werden an anderen Punkten den Küsten zugeschwemmt. Kies und Schlamm, welche durch die Fluten in die Nähe der Küsten geführt werden, bilden Untiefen und Sandbänke, welche sich durch neue Massen vergrößern und dann die hinter ihnen liegenden Küsten gegen die Angriffe des Meeres schützen. Man hat bemerkt, dafs die Längenachse der Dämme stets senkrecht auf der Richtung des herrschenden Seewindes ist. Die durch Sturmfluten ans Ufer geworfenen Massen von Schlamm, Sand und Steinen werden durch die gleichmäfsige Bewegung der Ebbe und Flut und durch den gewöhnlichen Wellenschlag zerkleinert und geschieden, so dafs die feineren schlammigen Teile dem Meere zugeführt und als Mergel- und Thonschichten abgelagert werden. Mehr in der Nähe der Küsten fällt der Sand nieder, während an den Küsten selbst nur die gröberen Kiesel liegen bleiben, die sich durch Rollen und Reiben immer mehr abrunden und neuen Sand liefern. In der Nähe vieler Küsten wird auch durch die kalkigen Gehäuse der Mollusken, Echinodermen und Zoophyten die Erhöhung des Meeresgrundes und die Entstehung von Strandbildungen begünstigt. Austern und andere Geschlechter, die gruppenweise beisammen wohnen, häufen allmählich ihre Gehäuse zu klafterdicken Bänken auf, die vielen freilebenden Mollusken bohren sich in den Sand ein und tragen so zur Befestigung der Thon- und Sandlager bei. Die kalkigen Schalen dieser Tiere werden vom Wasser zertrümmert und erweicht und an vielen Stellen teils in einen feinkörnigen Kalksand, teils in einen milchähnlichen oder durch Eisenoxyd gefärbten Kalkbrei verwandelt, der wie ein Mörtel erhärtet und zur Befestigung der losen Kiesel, Sandkörner und anderer am Strande liegender Körper dient.

---

*) s. Petermann's Geogr. Mitteilungen, Ergänzungsheft Nr. 56. Gotha 1878.

Wenn der lose Sand des Meeres vom letzteren auf die Küstenländer geworfen wird, so bilden sich unter Mitwirkung des Windes die sogenannten Dünen, welche fast an allen niedrigen Meeresküsten, parallel mit diesen, in wallartigen Erhöhungen gefunden werden. Der getrocknete Sand wird, falls er sich nicht durch ein Bindemittel (Kalk) zu einer compacteren Masse gestaltet, vom Winde weiter landwärts geführt, so z. B. an der Südwestküste von Frankreich. Grofsartig zeigt sich die Dünenbildung an der Westküste der Sahara. Durch Ostwinde wird hier der lose Flugsand längs der Küste westwärts getrieben.

79. *Veränderungen der Erdoberfläche durch die niedere Tierwelt.*

Wir haben bereits in einem früheren Kapitel erwähnt, dafs neue Inseln durch Tiere (Madreporen, Mäandrinen, Asträen etc.) entstanden sind, welche ihren Korallenbau vom Boden des Meeres bis zum Niveau desselben aufführten. Derartige Inseln finden sich vorzugsweise in der heifsen Zone, in der Südsee und dem indischen Meere in grofser Menge vor. Mit der Entstehung dieser Inseln steht in nächster Beziehung die Bildung der sogenannten Lagunen, welche durch einen ringförmigen Korallenriff von dem übrigen Ocean dergestalt abgesondert sind, dafs sie von der Bewegung desselben nicht merklich ergriffen werden. Das Innere dieser Lagunen ist in der Regel mit zahlreichen, meist von Korallenriffen gebildeten Untiefen versehen. Doch stehen viele Lagunen mit dem äufseren Meere durch einen Kanal, mitunter auch durch mehrere Kanäle oder Durchbrüche in Verbindung. Hauptbedingungen zu einem betriebsamen Leben der Madreporen sind klares Wasser, eine mäfsig hohe Temperatur und eine felsige Unterlage.*) Heutzutage beobachtet man die Thätigkeit dieser Tiere gröfstenteils an seichten Küsten, wo sie die sogenannten Strand- oder Küstenriffe bilden, welche den Krümmungen der Küste folgen. Nur in seichten Meeren entstehen die Korallenriffe auch in gröfserer Entfernung von der Küste. Durch die Brandung des Meeres werden wieder gröfsere Stücke von dem aus Polypengehäusen bestehenden Gestein losgerissen und auf der Oberfläche des

*) Vergl. Rein: Verhandl. des 1. deutschen Geographentages, Berlin 1882. S. 30.

Dammes zusammengerollt. Sand und Schlamm, Muschelschalen, Fischknochen u. dgl., welche durch Stürme vom Meeresgrunde aufgewühlt und zwischen die Bruchstücke gespült werden, tragen das Ihrige zur Befestigung des Baues bei. Allmählich verkittet dann das Ganze vermittelst eines Kalksandes zu einer zusammenhängenden Masse.

Nicht minder wichtig für die weitere Entwickelung der Kontinente waren und sind die mikroskopischen Tierchen, die man unter dem Namen der Infusorien zusammenfaßt. Dieselben sind nicht nur in ungeheurer Menge vorhanden, sondern vermehren sich auch bei hinreichender Nahrung ins Unglaubliche. Hierher gehören namentlich die Mooskorallen (Bryozoen) und andere verwandte Tiere mit einem Gehäuse von kohlensaurer Kalkerde. Der größte Teil der so mächtigen und ausgedehnten Kreidelager läßt sich nach den mikroskopischen Untersuchungen von Ehrenberg als ein Werk jener Korallentierchen betrachten. Andere Infusorien (Bacillarien) haben einen Panzer oder vielmehr ein Schildchen aus Kieselerde, das oftmals Eisen enthält. Die Reste von Milliarden solcher abgestorbenen Tierchen häufen sich allmählich zu Lagern an, die ein zerreibliches Kieselgestein bilden, welches als Tripel, Polirschiefer und Kieselguhr bekannt ist, und in den verschiedensten Gegenden Deutschlands vorkommt. Eines der mächtigsten Infusorienlager ist auf der Lüneburger Heide entdeckt worden.

Indessen hat man auch Lager von lebenden Infusorien aufgefunden, so z. B. ein sog. Torf- und Thonlager längs der Spree unter einem Teile von Berlin, das an verschiedenen Stellen sehr mächtig ist. Die torfige Erdmasse in diesen Lagern besteht aus einem Gemisch von Kieseltieren und Pflanzenresten, der Thon aber fast ganz aus Infusorien. Dieser Torf und Thon erscheint nun als Kieselguhr, Bergmehl oder Tripel, wenn seine Masse längere Zeit trocken gelegen ist. In früheren Epochen des Erdkörpers, wo die Masse und Ausdehnung der süßen Gewässer des Landes noch bedeutender war, als jetzt, mußte natürlich auch die Thätigkeit dieser Infusorien eine ausgedehntere sein. Die Kieselinfusorien leben im süßen Wasser und im Meere, die Kalkinfusorien fast ganz in dem letzteren. Aber auch jetzt sind diese Tiere noch fortwährend thätig, so z. B. im

ganzen Becken des mittelländischen Meeres, wo sie einen zwar langsamen aber stetigen Beitrag zum Wachsen der Erdrinde geben.

80. *Veränderungen der Erdoberfläche durch die Pflanzenwelt.*

Die Damm- und Ackererde, welche sich über einen grofsen Teil der Erdoberfläche ausbreitet, ist gleichfalls, wenigstens zum Teil, ein Produkt der organischen Natur. Gewöhnlich versteht man unter Dammerde ein Gemisch von abgestorbenen pflanzlichen und auch tierischen Bestandteilen mit erdigen Teilen. Die letzteren, welche meist durch den Process der Verwitterung aus verschiedenen Felsarten blosgelegt werden, bestehen vorzugsweise aus Kieselerde, Thonerde, Kalkerde, Talkerde, Eisen, Mangan und Alkalien in Verbindung mit verschiedenen Säuren. Der Humus macht etwa 1—10 Procent der fruchtbaren Dammerde aus und bildet sich unter dem Einflufs von Feuchtigkeit, Luft und Wärme bei der Verwesung vegetabilischer Stoffe. Er stellt eine braune bis schwarze, pulverförmige, leicht verbrennliche Substanz dar, welche sich durch ihre Absorptionsfähigkeit für Wasser auszeichnet, so dafs sie drei Viertel ihres eigenen Gewichtes an Wasser enthalten kann, ohne nafs auszusehen. Nach Liebig's Untersuchungen ist der Humus ein Produkt der Verwesung des Holzes. Die reine Holzfaser enthält Kohlenstoff und die Elemente des Wassers. Im feuchten Zustande giebt sie in Berührung mit dem Sauerstoff der Atmosphäre Kohlensäure ab. Der Sauerstoff verbindet sich nämlich, nach Liebig, mit dem Wasserstoff des Holzes, so dafs in dem Akte dieser Oxydation Kohlenstoff und Sauerstoff in der Form von Kohlensäure sich von den Elementen des Holzes trennen. Der Humus entsteht indefs nicht durch die Verwesung der Holzfaser allein, sondern auch durch die Verwesung des Holzes, welches aufser der reinen Holzfaser noch andere, lösliche und unlösliche organische Stoffe enthält.

Nackte feste Felsmassen erfahren an ihrer Oberfläche eine allmähliche Verwitterung durch Flechten, welche daselbst vegetieren und dem Gestein gewisse Bestandteile entziehen, während sie sonst ihre Nahrung gröfstenteils aus der Atmosphäre

aufnehmen. Solchergestalt entsteht aus dem aufgelockerten Gestein und den Resten abgestorbener Flechten allmählich eine humushaltige Erdschicht, die dann auch höheren Gewächsen die Bedingungen ihres Gedeihens darbietet.

Der Torf resultiert gleichfalls aus einer Zersetzung vegetabilischer Stoffe, die jedoch unter stagnierendem Wasser stattfindet und daher von der den Humus bedingenden abweicht. Man findet den Torf in Flachländern und Niederungen, in mulden- und kesselförmigen Vertiefungen, an den Ufern von Meeren und Seeen, überhaupt in Gegenden, die längere Zeit unter stagnierendem Wasser stehen. Geeignet für die Bildung des Torfes sind auch hochliegende Plateaus, deren Unterlage für Wasser undurchdringlich ist. Das Material der Torfbildung geben vorzugsweise Pflanzen mit zarten Stämmen und Ästen, mit kleinen Blättern und feinen Wurzeln. Hierher gehört namentlich das Torfmoos (sphagnum). Durch das Absterben und Verwesen der unteren Teile dieser Gewächse entstehen die einzelnen Torfschichten, auf denen sich eine neue Moosdecke erhebt, die im folgenden Jahre durch die Verwesung wieder in Torf verwandelt wird u. s. f. Die unteren Schichten verlieren nun durch fortschreitende Verwesung bei niederer Temperatur immer mehr Sauer- und Wasserstoff, werden dadurch natürlich immer kohlenreicher und durch den wachsenden Druck der oberen Schichten auch immer dichter. Die Zeit, welche zur Erzeugnng einer Torflage von bestimmter Dicke nötig ist, hängt von klimatischen und Boden-Verhältnissen ab. Der Torf enthält häufig noch fremde Bestandteile, z. B. Eisen als Raseneisenstein. Einen viel Schwefeleisen enthaltenden Torf nennt man Vitrioltorf, weil er zur Gewinnung des Vitriols benutzt werden kann.

81. *Veränderungen der Erdoberfläche durch Erdbeben und Vulkane.*

Die Erdbeben sind von Innen heraus wirkende Erschütterungen des festen Erdbodens und geben sich entweder durch mehr oder weniger schnell auf einander folgende senkrechte Stöfse oder nach Art der Meereswogen durch eine wellenförmige

oder endlich durch eine rotatorische Bewegung zu erkennen. Die letztere ist die seltenste, aber auch die gefährlichste, indem damit ein völliges Umwenden und Verdrehen der Gegenstände verbunden ist.

Wenn die Stöfse von mehr oder weniger gleichartig leitenden Schichten ringsum fortgepflanzt werden, so müssen sich dieselben natürlich um so weniger fühlbar machen, je weiter die einzelnen auf einander folgenden Punkte von jenen Stellen entfernt liegen, wo das Erdbeben vorzugsweise wirkt. Man kann sich denn um die letzteren eine Kurve gezogen denken, welche den sog. Erschütterungskreis begrenzt. Die Ausdehnung der Erdbeben ist mitunter eine sehr bedeutende.

Obgleich die Verbreitung der Erdbeben eine sehr allgemeine ist, so ist doch ihre Frequenz auf verhältnismäfsig wenige Erdstriche beschränkt. Relativ häufig kommen sie in Südamerika vor. In Europa hat man zwei Erdbebenzonen unterschieden, von denen die eine von den Pyrenäen durch die Alpen bis zum Kaukasus, die andere, mit dieser parallel von den Azoren bis Syrien über beide Küsten des Mittelmeeres zieht. Innerhalb dieser Zonen treten die Erdbeben nicht allein häufiger, sondern auch heftiger als in anderen Gegenden auf. Die Richtung der Erschütterungen soll häufig den Streichungslinien dieser Zonen folgen.

Die Erdbeben sind meist von einem mehr oder weniger starken unterirdischen Getöse begleitet; mitunter entstehen auch Erdspalten, aus denen heifses Wasser, Wasserdämpfe und sonstige Gasarten, Schlamm, schwarzer Rauch und selbst Flammen hervorbrechen. Dabei werden das Meer und die Atmosphäre unruhig, neue Seeen werden gebildet, alte ausgetrocknet, Berge aus dem Meere und dem flachen Lande emporgehoben, schon vorhandene verschlungen und so ganze Gegenden verwüstet und umgestaltet. Die allgemeinsten Wirkungen starker Erdbeben sind also Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche.

Die bisher über die Häufigkeit der Erdbeben gesammelten Erfahrungen erlauben nicht mit voller Sicherheit zu schliefsen, dafs die Erdbeben in gewissen Tages- und Jahreszeiten häufiger als in anderen auftreten. Doch scheint ein Maximum

im Winter (Januar), ein Minimum im Sommer (Juni) statt zu finden.

Was ferner die Vulkane betrifft, so steht mit deren Thätigkeit ein Teil der Erdbeben ohne Zweifel in causalem Zusammenhange.

Am grofsartigsten giebt sich die vulkanische Thätigkeit der Erde in den sog. Eruptionen zu erkennen, welchen Erderschütterungen vorauszugehen pflegen.

Die vulkanischen Auswurfsstoffe bestehen im allgemeinen aus Rauch, verschiedenen Gasarten, Asche, Sand, Schlacken und Steinen. Unter den Gasen kommt Wasserdampf in vorwiegender Menge vor, der durch seine rasche Kondensation in der Luft Veranlassung zu vulkanischen Gewittern und Regenschauern giebt. Aufserdem erscheinen noch gasartig Wasserstoff, Salzsäure, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff. Durch die Ausscheidung und Verbrennung des Schwefels entsteht ferner schweflige Säure und Schwefelsäure. Doch setzt sich der ausgeschiedene und kondensierte Schwefel auch krystallinisch ab. Die Salzsäure (ClH) erscheint gewöhnlich beim Beginn der Eruption in der Form von schneeweifsen Dämpfen und giebt mit Natron Kochsalz, so dafs bei manchen Vulkanen eine Salzkruste sich bildet. Auf ähnliche Weise schlägt sich in reichlicher Menge Salmiak nieder, das bekanntlich aus Salzsäure und Ammoniak besteht. Die amerikanischen Vulkane scheinen indessen keine Salzsäure auszuwerfen. Was aber die Kohlensäure betrifft, so soll sie den Vulkanen mehr im Zustande ruhiger Thätigkeit und solchen Gegenden entweichen, welche einst der Schauplatz vulkanischer Thätigkeit gewesen sind. So finden sich denn auch nicht allein in der Nähe thätiger Vulkane, sondern auch in älteren vulkanischen Gebirgspartieen Quellen von Kohlensäure, z. B. in den tief eingeschnittenen Thälern der Eifel, im niederrheinischen Schiefergebirge und im westlichen Böhmen. In Italien nennt man jene Stellen, denen kohlensaures Gas entströmt, Mofetten, welche sich meist erst monatelang nach dem eigentlichen Ausbruche des Vesuv einstellen.

Die sehr feine und leichte Asche kommt meist erst in der Mitte oder gegen das Ende der Eruption, aber oft in so ungeheurer Menge zum Vorschein, dafs sie grofse Strecken ver-

dunkelt. Weil sie sehr fein ist, so dringt sie in die kleinsten Spalten ein und nimmt die zartesten Eindrücke an. Durch diese Asche wurden die Städte Herculanum, Pompeji und Stabiä 79 n. Chr. verschüttet. Auch wird sie durch den Wind weit hin verbreitet.

Mit der Asche gleichzeitig stellt sich der gröbere und schwerere Sand ein. Die aus zackigen und blasigen kleinen Steintrümmern bestehenden Auswürfe nennt man Lapilli oder öfter auch Rapilli; sie werden durch emporströmende Dämpfe und Gase in mächtigen Garben kleiner, glühender Steine in die Höhe geworfen.

Die gröfsten Auswurfsstoffe sind aber Schlacken und Steine, die zuweilen einen sehr bedeutenden Durchmesser haben. Man kann sie in zwei Klassen bringen, je nachdem sie aus Steinarten bestehen, die den Vulkanen fremd sind oder nicht. Die Auswürfe der ersten Klasse bestehen am Vesuv aus Kalksteinen, Feldspath- und Glimmerfelsarten, an den erloschenen Vulkanen der Auvergne aus Granit, Gneis und Glimmerschiefer, in den Vulkanen des Niederrheins aus gefritteter Grauwacke und Schiefer. Die Auswürfe der zweiten Klasse bestehen aus Schlacken und Bruchstücken flüssiger Laven. Die im vulkanischen Heerde geschmolzenen und emporgeschleuderten Massen erhärten häufig in der Luft und nehmen durch Rotation in der letzteren die Gestalt abgerundeter Körper, sog. vulkanischer Bomben an.

Das reichlichste und zerstörendste Produkt vulkanischer Thätigkeit ist endlich die Lava, welche diejenigen mineralischen Stoffe in sich begreift, welche durch Hitze zu einem mehr oder weniger beweglichen Flusse gebracht worden sind. Die Geschwindigkeit, mit der sie fortfliefst, ist gröfstenteils von der Neigung des Bodens, dann aber auch von der Zähigkeit und von der Menge des Stoffes abhängig. Die letztere ist mitunter ungeheuer grofs. So trieb der Ätna im Jahre 1669 einen Lavastrom hervor, der $^2/_5$ geographische Meilen breit, 3 Meilen lang und im Durchschnitt 200′ hoch war. In Berührung mit der Luft überzieht sich die Lava bald mit einer festen Kruste, während sie im Innern wohl noch jahrelang glühend und flüssig

bleibt. Bei Nacht erscheint der Lavastrom aus der Ferne wie ein rotglühendes Band, das sich über den Berg herabzieht.

Der Form nach teilt man die Laven in drei Klassen, nämlich in Erd-, Stein- und Glaslaven. Der vorherrschende Bestandteil der letzteren ist Obsidian, ein Mineral von glasartiger Beschaffenheit, welches nach v. Buch durch Schmelzung des Trachyts entstanden ist, der aus Kieselerde, Thonerde und einem Alkali besteht und durch Titaneisen schwarz gefärbt ist. Mit dem Obsidian von gleicher Zusammensetzung und aus diesem hervorgegangen ist der lockere, poröse Bimstein dessen schaumartige Bildung von heftiger Gasentwickelung in der glühenden Masse, vielleicht von verdampfendem Kali herrührt. Unter basaltischen Laven versteht man solche, deren krystallinische Substanzen feinkörnig, innig und gleichmäfsig gemischt erscheinen. Die vulkanische Asche scheint aus sehr fein zerteilten Laven zu bestehen, womit der Umstand zusammenstimmt, dafs sie erst dann ausgetrieben wird, wenn schon viel flüssige Lava im Krater vorhanden ist. Die Zerteilung selbst kann aber durch die mit Heftigkeit entweichenden Dämpfe (Gase) und durch den Widerstand der Luft bewirkt werden.

Die meisten Vulkane ergiefsen ihre Laven, wahrscheinlich wegen des grofsen Druckes der flüssigen Säule, nicht durch die Mündung der Hauptöffnung, des sog. Kraters, sondern durch Spalten am Fufse des letzteren. Auch giebt es solche Vulkane, z. B. in Südamerika, die gar keine Lava, sondern nur Asche, Schlacken, Steine, Wasser und Schlamm auswerfen.

Die Zeit von einer Eruption bis zur andern befolgt keine bestimmte Periode. Im allgemeinen scheint aber die Ruhezeit eines Vulkans in einem bestimmten Verhältnis zur Höhe des Kraters zu stehen. Während der niedere Stromboli fast fortwährend arbeitet, geschehen die Eruptionen des höheren Vesuvs seltner, noch seltner aber die des noch höheren Aetna und des hohen Piks auf Teneriffa.

Die älteren vulkanischen Bildungen unterscheiden sich von den heutigen durch gröfsere Dimensionen, was anzudeuten scheint, dafs sie ihr Dasein einer intensiveren vulkanischen Thätigkeit, oder einem geringern Widerstande, den diese Thätigkeit fand, verdanken,

Wir haben oben bemerkt, dafs ein Teil der Erdbeben mit thätigen Vulkanen in causaler Beziehung steht. Von diesen vulkanischen Erdbeben unterscheidet man die tektonischen Erdbeben, worunter man solche versteht, welche durch die fortdauernde Contraction der festen Erdkruste und damit zusammenhängende lokale Spannungsausgleichungen und Verschiebungen der Erdschichten bedingt sind. Zu diesen Erdbeben lassen sich allenfalls auch die Erschütterungen rechnen, welche durch plötzliche Senkungen bedeutender Erdmassen entstehen mögen, und zwar durch den Zusammenbruch unterirdischer Gewölbe, die sich durch Auswaschung löslicher Schichten (Gips, Steinsalz etc.) bilden können. Indessen darf diese Ansicht, die neuerdings namentlich von O. Volger und Fr. Mohr vertheidigt worden, nicht in der Art, wie es geschehen ist, generalisirt werden. Die verschiedenen, das Entstehen der Erdbeben und Vulkane betreffenden Ansichten lassen sich überhaupt in zwei Klassen bringen, je nachdem dabei eine mit der Tiefe unausgesetzt zunehmende Wärme des Erdkörpers und demgemäfs eine glutflüssige Innenmasse in Erwägung gezogen wird oder nicht. In jener Beziehung kann man die Annahme einer fortdauernden Abkühlung und Contraction der festen Erdkruste und einer mit dieser Contraction verknüpften Spaltenbildung immerhin gelten lassen. Durch die entstandenen Spalten wird ein Teil der glutflüssigen Masse, vermöge fernerer Zusammenziehung, als Lava emporgepreſst. Auch kann in die Erdkruste eindringendes Meerwasser, das sich in Klüften und Höhlen ansammelt und in Dampf von hoher Spannung verwandelt, bei den vulkanischen Eruptionen ein mitwirkender Faktor sein. Indessen mag die glutflüssige Innenmasse, das Magma, noch Wasserdämpfe oder auch, wie W. Siemens annimmt, brennbare Wasserstoffverbindungen enthalten, die in den von der Contraction der Erdkruste herrührenden Spalten das Magma mit sich emporreifsen. Von den zuvor bezeichneten Momenten schliefst keins das andere aus. Mallet*) reflectiert in seiner Theorie der vulkanischen Erscheinungen fast ausschliefslich auf die Contraction der festen Erdkruste und die damit verknüpften Vorgänge, dergestalt, dafs infolge der letzteren auch die flüssige Masse, welche die Lava bildet, entsteht.**)

---

*) Über vulkanische Kraft. Deutsch von v. Lasaulx. Bonn 1874. S. dagegen J. Roth: Zeitschr. der deutschen geolog. Gesellsch., Bd. 27, und Scrope: Geol. Mag. Vol. I p. 38.

**) Bezüglich der vulkanischen Thätigkeit der Erde vgl. ferner Zirkel: Österr. Monatschrift für Wissenschaft und Kunst, 1872; Falb, Gedanken und Studien über den Vulkanismus, Graz 1876; Tschermak: Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Bd. 75, Abtl. 1, S. 151; Dücker: Tageblatt der 52. Vers.

Eilftes Kapitel.

Beschaffenheit der Erdrinde.

Eine genauere Untersuchung der Beschaffenheit der Erdrinde hat mit Evidenz gelehrt, dafs die Ursachen der bisher betrachteten Veränderungen der Erde auch bei Bildung der letzteren, und zwar einige von ihnen vielleicht in einem höheren Grade wirksam gewesen sind. Werfen wir, um dies etwas näher einsehen zu können, zuvörderst einen Blick auf die Eigentümlichkeit der Erdrinde.

82. *Verschiedenheit der Felsarten, welche die Erdrinde zusammensetzen.*

Gröfsere Mineralmassen, welche die feste Erdkruste bilden, nennt man Gesteine, Fels- oder Gebirgsarten. Man kann dieselben in zwei Hauptgruppen und zwar in einfache und gemengte einteilen, je nachdem sie aus Teilen eines und desselben Minerals oder aus Teilen verschiedener Minerale zuammengesetzt sind. Zu der ersten Gruppe gehören z. B. Gips, Kalkstein, Steinsalz u. s. w., zu der zweiten Granit und Gneifs, welche auf verschiedene Weise aus Quarz-, Feldspath- und Glimmerpartikeln bestehen. Die verschiedenartigen Teile der gemengten Felsarten sind entweder krystallinisch miteinander verbunden oder sie werden durch eine nichtkrystallinische Substanz zusammengehalten. Dies geschieht häufig in der Weise, dafs ein Bindemittel als flüssige Masse zwischen die einzelnen Teilchen dringt und sie beim allmählichen Trocknen der Gesteinsmasse mit einander verkittet. Als solche Bindemittel treten öfter kohlensaurer Kalk, Kieselerde und Eisenoxydhydrat auf. Hierdurch werden gröbere Kiesmassen zu sog. Conglomeraten oder

---

deutscher Naturforscher und Ärzte, Baden 1879; Prestwich: Nature, Vol. XXIV; Günther, Lehrb. der Geophysik u. physik. Geographie, Bd. I S. 353 ff., Stuttgart 1885.

Breccien, Sandmassen zu Sandsteinen und staubartige Massen zu Thon und Mergel verbunden.

In Bezug auf die Struktur oder das Gefüge der Mineralstoffe giebt es dichte, körnige, schiefrige, porphyr- und mandelsteinartige Gesteine. Bei der schiefrigen Struktur sind die mineralischen Teilchen in der Form von Blättchen aneinandergelagert, so dafs sie sich nach einer Richtung vorzugsweise leicht spalten lassen. Man unterscheidet wieder gerad- und krummschiefrige Gesteine. Die porphyrartige Bildung zeigt eine gleichartige Gesteinmasse, welche einzelne Krystalle ausgesondert enthält. Wenn sich in der Grundmasse eines Gesteins Blasenräume befinden, welche teilweise oder ganz mit Mineralien ausgefüllt sind, so nennt man die Struktur mandelsteinartig, weil jene Räume häufig die Form einer Mandel haben. Gröfsere Zwischenräume in einer Gesteinmasse, welche mit Mineralien angefüllt oder an ihren Wandungen mit Krystallbildungen versehen sind, heifsen Drusenräume. Dieselben kommen in der Masse vor, welche die sog. Gänge füllt. Die letzteren sind aber Spalten, welche die Gebirgsschichten durchschneiden, und deren Breite meist sehr gering ist im Verhältnis zu ihrer Länge und Tiefe. Man spricht mit Bezug auf die Masse, von der sie erfüllt worden sind, von Gesteins-, Mineral- und Erzgängen. Die letztgenannten enthalten vorzugsweise die metallreichen Mineralien.

83. *Einteilung der Felsarten mit Rücksicht auf ihre Entstehung.*

Unter den Gesteinsmassen, welche die feste Erde zusammensetzen, giebt es solche, welche das entschiedene Gepräge eines wässerigen Ursprungs darbieten. Man nennt diese Felsarten mit Rücksicht auf ihre Entstehung neptunische oder sedimentäre oder auch geschichtete Gesteine. Sie sind ohne Zweifel als Niederschläge aus dem Wasser der früheren Meere und Seeen oder aus sonstigen Wasseransammlungen zu betrachten, und haben auch die gröfste Ähnlichkeit mit den Niederschlägen, welche noch heutzutage im Wasser vor sich gehen. Die sie zusammensetzenden Stoffe waren teils chemisch, teils

mechanisch im Wasser aufgelöst, so daſs die Sedimente entweder nur mechanisch abgesetzt oder chemisch niedergeschlagen wurden, wiewohl auch im letzteren Falle die Ablagerung der ausgeschiedenen Stoffe nur die Folge eines mechanischen Niedersinkens sein konnte. Wenn der Niederschlag ununterbrochen und regelmäſsig stattfand, so bildete der abgelagerte Stoff horizontale, weit ausgedehnte Schichten von verschiedener Mächtigkeit. Unter diesem Worte versteht man die Dicke einer Schicht. Ist dieselbe beträchtlich, so nennt man die Schicht Lager oder Bank. Derjenige Teil einer Schicht, welcher an der Oberfläche der Erde hervortritt, heiſst das Aus- oder zu Tage Gehende.

Eine andere Klasse von Gesteinmassen bezeichnete man mit dem Namen der Eruptivgesteine, in der Voraussetzung, daſs sie im schmelzflüssigen Zustande hervorgedrungen seien. Doch unterschied man im Hinblick auf die plutonistische Ansicht zwei Arten dieser Gesteine, nämlich vulkanische und plutonische, je nachdem man sich dachte, daſs ihre Erstarrung an der Oberfläche oder in einer beträchtlichen Tiefe stattfand. Zu den plutonischen Felsarten gehören namentlich die krystallinisch-massigen Gesteine. Beide Felsarten bilden Gänge oder erscheinen als Trümmer in den anliegenden Gesteinen. So füllen sie auch Spalten und Klüfte in den zuvor betrachteten Sedimentgesteinen aus.

Die verschiedenartige Beschaffenheit der plutonischen und vulkanischen Gesteine suchte man aus der verschiedenen Erkaltungszeit der erweichten oder geschmolzenen Massen abzuleiten, indem man dabei noch auf den äuſseren Druck reflektierte, unter welchem die Erstarrung vor sich ging.

Als eine dritte Klasse von Felsarten betrachtet man die krystallinischen Schiefer, als: Thon-, Glimmer- und Talkschiefer, manche Arten von Gneiſs und Kalksteinen. Man nennt diese Gesteine mit Rücksicht auf ihre Entstehung umgebildete (metamorphische) Gesteine.

84. *Schichtungs- und Lagerungsverhältnisse der sedimentären Gesteine.*

Nicht immer liegen die verschiedenen Lagen einer geschichteten Gesteinmasse wagerecht oder parallel mit der Erdoberfläche, sondern häufig auch geneigt oder gar senkrecht zu derselben. In diesem Falle spricht man von aufgerichteten Schichten, deren zu Tage gehenden Teile gewöhnlich Schichtenköpfe genannt werden. Den Winkel, welchen solche Schichten mit der Horizontalebene machen, nennt man ihr Fallen, während man unter dem Streichen einer Schicht die Richtung versteht, welche sie in ihrer Ausdehnung in bezug auf die Himmelsgegend einnimmt. Die Streichungslinie steht senkrecht auf der Linie des Fallens; jene kann mittelst des Compasses, die andere durch einen Gradbogen (mit Senkblei) bestimmt werden.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Stelle, welche eine Felsart in der Reihe der übrigen einnimmt, oder was dasselbe ist, ihr Lagerungsverhältnis. In diesem Sinne unterscheidet man gleichförmige oder ungleichförmige Lagerung, je nachdem die Schichtungsflächen verschiedener Felsarten alle mit einander parallel sind oder nicht, gleichviel, ob dabei die allgemeine Stellung der Schichten horizontal oder geneigt, konkav oder konvex ist. Ungleichartige Lager in einer Folge gleichartiger, z. B. ein Steinkohlenlager in einer Folge von Sandsteinschichten, nennt man der Formation eingelagert oder untergeordnet. Bei der Steinkohle bemerkt man häufig eine muldenförmige Ablagerung, insofern sie flache Vertiefungen in concentrischen Krümmungen ausfüllt.

Das Lagerungsverhältnis ist ein Erkenntnismittel für die Altersfolge der Formationen und besonders da von Bedeutung, wo die verschiedenen Formationen durch Aufrisse an Seeküsten oder in tief eingeschnittenen Thälern oder in Schachten des Bergbaues zu tage treten. So ist ohne Zweifel die aufgelagerte Formation jünger als ihre gleichförmig geschichtete Grundlage, was auch von zwei ungleichförmigen Ablagerungen gilt. Bei den letzteren folgt aus dem Nichtparallelismus ihrer Schichtungen zugleich, dafs sie nicht Niederschläge aus dem-

selben Wasser sein können, weil sie sonst wohl eine parallele Lage zu einander haben müfsten.

Nicht selten findet man jedoch sedimentäre Formationen vielfach gekrümmt oder gefaltet, zerbrochen und stellenweise ganze Schichtenstücke in umgekehrter Lagerungsfolge auf den übrigen liegen. Bezüglich dieser Erscheinungen läfst sich u. a. an Senkungen (resp. Einstürze infolge unterirdischer Auswaschung gewisser Gebirgsarten) und an Emporrichtungen denken, durch welche die ursprünglich horizontal abgesetzten Schichten in die abweichende Lage gebracht wurden.

Obschon das Lagerungsverhältnis zur Bestimmung der Altersfolge von Formationen einer und derselben Gegend ein Hülfsmittel darbietet, so ist es doch da von untergeordnetem Werte, wo es sich darum handelt, die Formationen getrennter Gegenden in bezug auf ihre gleichzeitige Entstehung mit einander zu vergleichen. In diesem Falle ist ein anderes Hülfsmittel in den organischen Überresten gegeben, welche die neptunischen Gesteine enthalten.

85. *Versteinerungen in den sedimentären Felsarten.*

Nur in den neptunischen oder sedimentären Felsarten, nicht aber in den krystallinisch-massigen und vulkanischen Gesteinen, finden sich unzweideutige Reste von Tieren und Pflanzen oder sog. Petrefakten, woraus sich wiederum entnehmen läfst, dafs jene Felsarten Niederschläge aus dem Wasser sind. Von den meisten Organismen finden sich nur die gröberen Teile im Gesteine vor, da die weicheren, zarteren Teile wahrscheinlich einer baldigen Zersetzung unterlagen. So sind von den Pflanzen namentlich die Rinde, das Holz und die holzigen Früchte, von den Weichtieren die kalkigen Gehäuse, von den höheren Tieren aber vorzugsweise die Knochen erhalten worden. Bei anderen ist die Form ihres Körpers dadurch bewahrt worden, dafs die in demselben befindlichen Zwischenräume von einer in Wasser gelösten mineralischen Substanz (Kieselerde, kohlens. Kalk) allmählich — mit Fortführung der organischen Bestandteile — ausgefüllt wurden. Doch haben auch zarte Blätter und feingegliederte Insekten in der sie umgebenden und allmählich er-

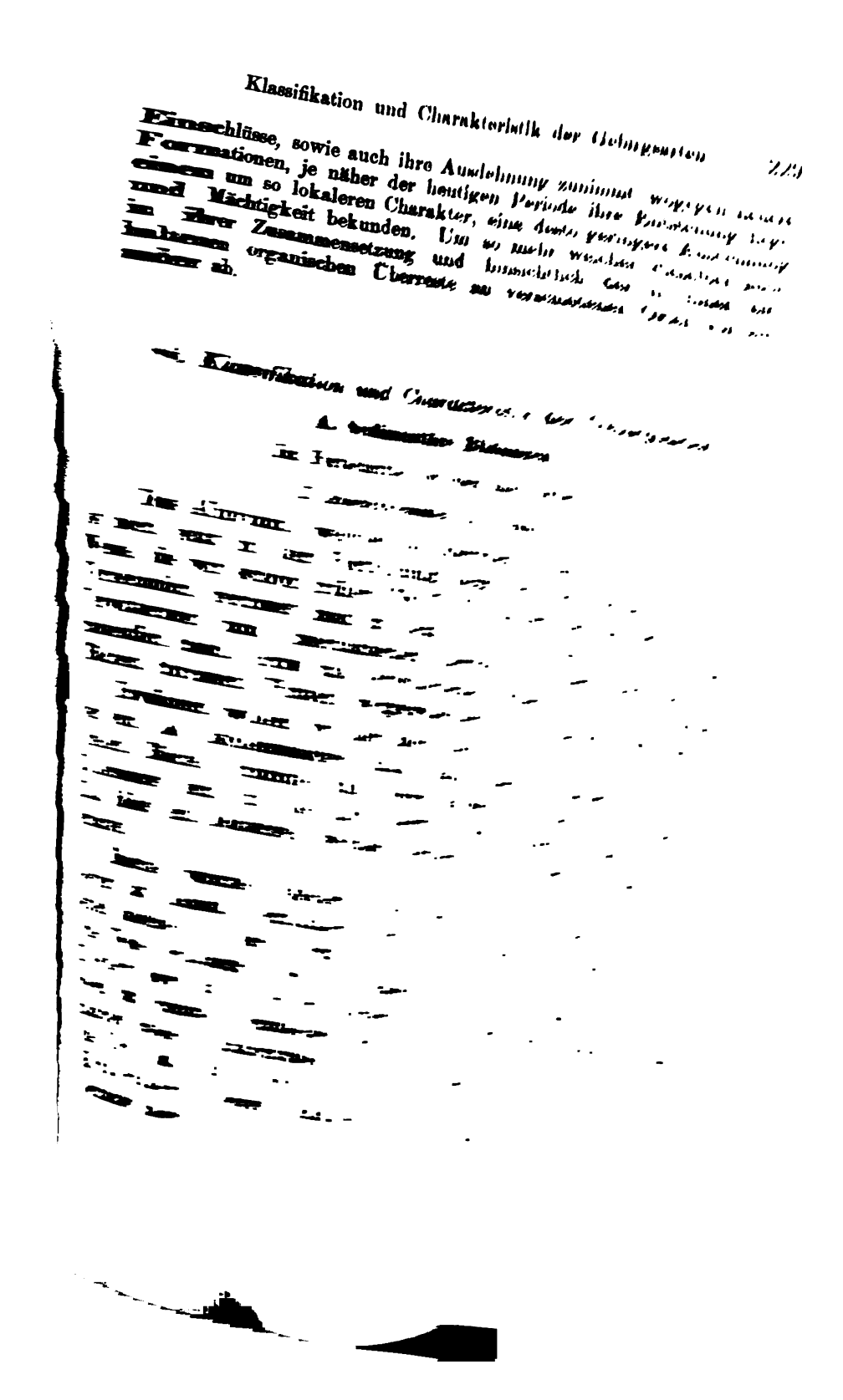
härtenden Masse deutliche Abdrücke hinterlassen. Endlich entstanden noch Versteinerungen auf die Weise, dafs erdige Massen, wie Schlamm u. dergl. von Organismen herrührende Abdrücke im Laufe der Zeit ausfüllten und erhärteten.

Die versteinerten Tiere und Pflanzen sind in den verschiedenen Schichten sowohl nach Art als auch nach Zahl sehr ungleich. Doch hat man entdeckt, dafs die in den untersten Schichten vorkommenden Tier- und Pflanzenformen am meisten von den jetzt lebenden abweichen. Auch zeigt sich ein gewisser Fortschritt von niedrigeren zu höheren Organismen, namentlich in Ansehung der Wirbeltiere, welche in der Ordnung Fisch, Reptil, Vogel und Säugethier nach einander folgen. — Aus der Organisation und geographischen Verbreitung gewisser Pflanzen- und Tierformen hat man auch den Schlufs gezogen, dafs die jetzigen klimatischen Zonenunterschiede auf der Erdoberfläche ehemals nicht stattgefunden haben können.

Je gröfser nun die Anzahl derselben Pflanzen- und Tierformen ist, die in zwei von einander getrennten Schichten vorkommen, desto begründeter hält man die Vermutung, dafs diese Schichten derselben Bildungsepoche angehören oder gleichzeitig entstanden sind. Je weiter aber die organischen Überreste einer Formation von den Gestalten der jetzt lebenden Pflanzen und Tiere abweichen, desto höher pflegt man das Alter dieser Formation anzunehmen.

Zwei Formationen, die verschiedenen Erdgebieten angehören, können gleiches Alter haben, wenn sie auch mineralogisch ungleich zusammengesetzt sind, und umgekehrt können zwei verschiedenen Erdgebieten angehörige Formationen bei gleicher mineralogischer Zusammensetzung zu verschiedenen Zeiten entstanden sein. In verschiedenen Gegenden fanden zu derselben Zeit Ablagerungen von mehr oder weniger ungleicher Zusammensetzung statt, indem hier Meeresformationen, dort Süfswasser- und anderwärts Sumpfformationen gleichzeitig abgesetzt wurden, wie denn auch in einem und demselben sehr ausgedehnten Wasserbecken an verschiedenen Orten gleichzeitig Niederschläge von abweichender Zusammensetzung erfolgen konnten. Ohne Zweifel waren in verschiedenen Zeiträumen und Gegenden die Ablagerungsgebiete von sehr ungleicher Gröfse. Beachtenswert ist es aber, dafs mit dem höheren Alter, das man gewissen Formationen zuschreiben mufs, die Gleichmäfsigkeit ihrer Zusammensetzung und ihrer organischen

Einschlüsse, sowie auch ihre Auflehnung zunimmt, weisen auf
Formationen, je näher der heutigen Periode ihre
einen um so lokaleren Charakter, eine desto geringere
und Mächtigkeit bekunden. Um so mehr wachsen
in ihrer Zusammensetzung und hinsichtlich
haltenen organischen Überreste zu
mehr ab.



II. Aufgeschwemmtes (Diluvium).

Auf ähnliche Weise wie das Alluvium hat sich das Diluvium gebildet, nur in früherer Zeit meist durch Ablagerung aus mächtigen Wasseransammlungen (resp. Fluten).

Hierher gehört eine Formation, welche vornehmlich aus Sand und Lehm, teilweise auch aus Thon besteht, und viele Reste von Tieren enthält, die teils noch jetzt lebend gefunden werden, zum Teil aber ausgestorben sind. So viele Säugetiere, wie das Mammuth, der Höhlenbär u. dergl., dann auch einige Vögel, weiter Saurier, Schildkröten und endlich auch Pflanzen. In dieser Formation findet man die sogenannten Knochenhöhlen: die Gailenreuther in Franken, die Muggendorfer in Bayern, die Baumanns- und Bielshöhle im Harz, die Nebelhöhle bei Tübingen etc.

Man rechnet hierher auch manche Ablagerungen, die man als ältere Strombildungen zu bezeichnen pflegt. In allen Gebirgen, bemerkt B. Studer*), wird der Grund vieler Thäler bis in unbekannte Tiefe von Schutt- und Geröllablagerungen gebildet, die oft den Charakter von Strombildungen tragen, oft aber auch über ihre Entstehung in Ungewifsheit lassen. An den Thalgehängen ziehen sich diese Bildungen nicht selten bis in grofse Höhe aufwärts, als ob der Strom einst das ganze Thal ausgefüllt hätte. Unter den Geröllablagerungen findet man im Rheinthale, wie Studer ferner bemerkt, eine ältere Strom- oder Seebildung, die aus einem sehr feinsandigen, gelblichgrauen oder gelblichbraunen Lehm besteht, der auch zu einem sehr feinen Sandstein wird und dann in den Rheingegenden Löfs heifst. Beide Steinarten sind leicht zerreiblich und zerfallen bei anhaltend trockner Witterung in Staub. Durch Concentration des kalkigen Cements haben sich darin aber härtere Mergel- und Kalkmassen von plattenförmigen, linsenartigen oder anderen Formen, sog. Löfskindchen gebildet. Analoge Lehm- und Löfsbildungen finden sich in den Thälern des Neckar, der Donau, der Garonne etc.

---

*) Lehrb. der phys. Geogr. und Geologie, I. Kap. S. 266 f.

Indessen können nicht alle Lehmablagerungen, die man mit dem Worte Löfs bezeichnet, als Niederschläge aus früheren Süfswasseransammlungen angesehen werden. Jedenfalls geht dies dort nicht an, wo die sog. Löfsmassen, wie mikroskopische Untersuchungen ergeben haben, nur Reste von Landschnecken, nicht aber von Süfswassertieren enthalten.

In anbetracht Centralasiens wies neuerdings v. Richthofen*) auf eine Löfsformation hin, die er als äolisch oder subaërisch bezeichnete. Es handelt sich nämlich hier um Staubmassen, welche Verwitterungsprodukte von Gebirgsschichten sind, und durch Winde fortgeführt in Mulden und Thälern sich ablagern, wo sie im Winter unter Einwirkung der Feuchtigkeit eine gewisse Konsistenz erlangen, und so im Laufe der Jahre, durch neue Zufuhr im Sommer, regelmäfsig anwachsen.

Das Alluvium und Diluvium bilden zusammen die sog. Quartär-Formation. Die Diluvial-Zeit begreift auch die Eiszeit in sich (s. Nr. 77), worauf wir noch zurückkommen werden.

III. Gruppe der Molasse.

Unter Molasse versteht man einen kieseligen, groben und lockeren, durch Kalkmörtel verbundenen Sandstein, welcher in grofsen Ebenen beckenweise aus dem Wasser abgesetzt ist. Die Becken, in denen Wien, Mainz, London, Paris liegen, scheinen ehedem Meerbusen gewesen zu sein.

Die oberen Schichten bestehen vorzugsweise aus Sand, Kies, Mergel mit Süfswasserversteinerungen, und Braunkohle, die mittleren hauptsächlich aus Grobkalk, einem sandigen Kalk von groben Korn mit eingesprengten Grünerdekörnchen, die unteren aber besonders aus Thon und Schieferthon mit Schwefelkies im Wechsel mit Braunkohle.

Man unterscheidet hiernach in der Molasse-Gruppe drei Formationen, nämlich die obere Braunkohlen-Formation, die Grobkalk-Formation und die untere Braunkohlen-Formation.

Die Molassegruppe bildet die Tertiärgebirge Werner's.

*) China, Bd. 2, S. 372 und S. 348.

IV. Gruppe der Kreide.

1) Die Kreide-Formation, deren Glieder weifse Kreide mit Feuersteinen, sandiger Mergel, Kreidemergel und sandiger Kalkmergel sind. Petrefakten: Fische, Reste von Sauriern, Korallen, Foraminiferen, Polythalamien, Süfswasserschnecken und Muscheln, ferner die ersten Laubhölzer.

2) Formation des Quadersandsteins, in Deutschland wegen seiner Zerklüftung in Quadern und Pfeilern so genannt. Bei dem oberen Quadersandstein bemerkt man jedoch eine dünnplattige Absonderung. In England ist er durch Grünerdekörnchen gefärbt und wird deshalb auch Grünsand genannt. Der obere Quadersandstein enthält zahlreiche Überreste von Seetieren und Pflanzen, der untere aufser Mollusken versteinerte Pflanzen (Algen, Dicotyledonen).

3) Weald-Formation führt ihren Namen von einer Gegend in England und besteht aus Thon, sandigem Eisenstein, Marmor und Sand. Petrefakten: Fische, Schaltiere und Mollusken.

V. Jura-Gruppe.

Diese Gruppe verdankt ihren Namen dem Juragebirge und besteht aus zwei Formationen.

1) Die Jura-Formation enthält in den oberen Schichten einen hellfarbigen Kalkstein mit Korallen, dann lithographischen Kalkschiefer, Dolomit, Mergel, Thon und Sandstein. Reich an Meertierversteinerungen: Korallen, Fisch-Saurier, Fische, Krebse, Mollusken, Radiarien, Zoophyten.

2) Die Lias-Formation (*layers*, Lager) macht die untere Jurabildung aus. Die Hauptglieder sind der sog. Liasschiefer von thoniger und kalkiger Beschaffenheit, der Liaskalk und Liassandstein. Ebenfalls reich an Versteinerungen, worunter auch solche von Meerespflanzen.

VI. Trias-Gruppe.

Dieselbe enthält drei Formationen und daher ihr Name.

1) Die Keuper-Formation, auch bunte Mergel-Formation, deren vorherrschendes Glied ein grauer, gelb-

licher, feinkörniger, mit thonigem Mörtel verbundener Sandstein (Keuper) ist. Andere hierhergehörige Glieder sind Gyps, Steinsalz, Dolomit, Alaunschiefer.

2) Die Muschelkalk-Formation, sehr reich an versteinerten Muscheln.

3) Die Formation des bunten Sandsteins, deren hauptsächlichstes Glied ein rot, gelb und weifs getreifter Sandstein ist; sie hat eine bedeutend gröfsere Ausdehnung als die vorher genannten Formationen.

Die Trias-Formationen enthalten an Versteinerungen Vogelspuren und eine Art von Beuteltieren, Meeres- und Frosch-Saurier, Ammoniten, Nadelhölzer und Schachtelhalme.

VII. Zechstein-Gruppe.

Der Zechstein ist ein grauer, bituminöser Kalkstein von gröfserer oder geringerer Dichtigkeit, welcher den Kupferschiefer bedeckt; seine oberen Schichten enthalten häufig Gyps und Steinsalz, öfter auch bedeutende Massen von Dolomit. Die Zechsteingruppe, welche sich auffallend im nordöstlichen Deutschland, namentlich im Mansfeldischen, zeigt, kommt nach neueren Beobachtungen in bedeutender Ausdehnung auf der westlichen Seite des Urals (in dem ehemaligen Königreich Perm) vor, weshalb man sie wohl auch das permische System nennt. Versteinerungen finden sich vor von Sauriern, Fischen, Mollusken, Radiarien, Zoophyten, und von Pflanzen namentlich Farren, wie sie in den Steinkohlenformationen gefunden werden.

Die Gruppen IV—VII machen die sog. Sekundär- oder Flötzgebirge aus.

VIII. Steinkohlen-Gruppe.

Dieselbe umfafst folgende vier Formationen:

1) Die Formation des Rotliegenden besteht aus einem roten Conglomerate verschiedener Felsarten resp. Sandsteine mit thonigem, stark eisenhaltigem Cement, und zeigt oft eine bedeutende Mächtigkeit (Thüringerwald, Harz). Diese Formation ist verhältnismäfsig arm an Tierversteinerungen, aber reich an Stämmen und hie und da an Pflanzenabdrücken.

Man pflegt das Rotliegende und den Zechstein wohl auch unter dem Namen der Dyas-Formation zusammenzufassen.

2) Kohlenformation. Lager von Steinkohlen wechseln mit grauem Sandstein und vornehmlich Schieferthon. Die Steinkohlenlager zeigen eine sehr verschiedene Mächtigkeit, von einigen Zollen bis zu 20 und 40 Fuſs und darüber; einige liegen tief unter, andere wieder in bedeutender Höhe über der Oberfläche des Meeres. Letzteres ist namentlich in Südamerika der Fall. Von Versteinerungen enthält diese Formation vorzugsweise solche von Pflanzen, so von baumartigen Farrenkräutern, von Palmengewächsen und einigen Nadelhölzern, ferner aber auch Krebse, Fische, Süſswassermuscheln, Spuren von Amphibien, endlich Spinnen und Insekten.

In Hinsicht auf die Entstehung der Steinkohlenschichten denkt man jetzt vornehmlich an ehemalige mächtige Torfmoore, die im Laufe der Zeit in die Tiefe sanken und von Niederschlägen aus dem Wasser bedeckt wurden. Analoges gilt in Ansehung der Braunkohle. Verschiedenheiten des äuſseren Druckes von Seiten der aufgelagerten Massen, verschiedene Grade der Wärme und Feuchtigkeit, mehr oder minder gehemmter Luftzutritt konnten rücksichtlich des fortschreitenden Verkohlungsprozesses der verschütteten Pflanzenwelt Unterschiede bewirken. — Die brennbaren, entzündlichen Gase, welche aus den Spalten in Steinkohlenlagern oder den angrenzenden Gebirgsarten strömen und nach Bischof aus kohlensaurem Gas, Sumpfgas, ölbildendem Gas und selbst Stickstoff bestehen, deuten darauf hin, daſs noch jetzt in den Steinkohlenlagern fortwährend Veränderungen stattfinden. Nach Liebig ist es der Wasserstoff, welcher sich von der Steinkohle in der Form von Kohlenwasserstoffverbindungen trennt. Eine völlige Abscheidung des Wasserstoffes würde die Steinkohle in Anthracit überführen. Dagegen beobachtet man in Braunkohlenlagern eine fortschreitende Trennung von Sauerstoff in der Form von Kohlensäure, welche das Holz in der Braunkohle allmählich der Zusammensetzung der Steinkohle näher bringen soll.

Nach einer andern Ansicht sollen die Steinkohlen, wenigstens teilweise, aus Ansammlungen vermoderter Meerespflanzen an verschiedenen Orten hervorgegangen sein. Neuerdings hat namentlich Fr. Mohr*) die Ansicht verteidigt, daſs die Steinkohlen die Reste im Meere versunkener urweltlicher Meerespflanzen seien, welche an einem anderen Orte, als wo sie gewachsen, abgelagert wurden.

*) Geschichte der Erde etc. 1866. S. 82 ff., S. 120 f.

Die in den Steinkohlen aufgefundenen Reste von Landpflanzen werden als unwesentlich und zufällig angesehen.

3) Formation des Kohlenkalksteins, charakterisiert durch einen dichten, grauen, schwarzen, häufig auch bunten Kalkstein, meist von Spathadern durchzogen, enthält auch Mergel und Schieferthon. Überreste von Schaltieren.

4) Formation des alten roten Sandsteins, ein grobes Conglomerat mit Quarzstücken und Glimmer, nicht reich an Versteinerungen.

IX. Grauwacken-Gruppe.

Das Hauptglied dieser Gruppe ist der Grauwackensandstein, ein fester, grauer Sandstein, meist mit Thonschiefermasse verbunden, weit verbreitet in Europa und anderen Weltteilen, häufig in grofser Mächtigkeit auftretend. Wenn die Schieferung deutlich auftritt, wird er Grauwackenschiefer genannt. Ein anderes Glied dieser Gruppe ist der Grauwackenkalkstein, eine kompakte Masse, zum Teil krystallinisch, reich an Versteinerungen. Der Grauwackenschiefer enthält auch Glanzkohle (Anthracit), namentlich in England. Die unteren Schichten der Grauwacke sind verhältnismäfsig arm, die oberen dagegen stellenweise reich an Versteinerungen. Es finden sich namentlich Seetange, Mollusken, Radiarien, Zoophyten, einige Fische und Reste von krebs- und asselartigen Tieren oder sog. Trilobiten. Man nennt die obere oder jüngere Grauwacke die devonischen (von der englischen Grafschaft Devonshire), die untere Grauwacke die silurischen Schichten, nach einer Gegend in England benannt, wo früher die Siluren wohnten.

Die Gruppen VIII—IX bilden die sog. Übergangsgebirge.

Die silurischen Schichten betrachtete man früher gewöhnlich als die ältesten Sedimente. Noch älter jedoch sind die cambrischen Schichten, welche verschiedene Meeresconchylien und Crustaceen, aber keine Fischreste enthalten. Als die ältesten Schichten mit organischen Überresten hat man die laurentischen erkannt, die Logan in Canada entdeckte. Diese Schichten, die noch in beträchtlicher Tiefe unter den silurischen liegen, sind schon zum Teil krystallinisch. Indessen unterscheidet man die oberlaurentischen mit Kalksteineinlagerungen von den unterlaurentischen, die viel

mächtiger als jene aus Gneifs, Quarzit und körnigem Kalkstein bestehen. In den kristallinischen Kalksteineinlagerungen der laurentischen Schichten sollen sich nun Reste von Foraminiferen befinden, die als Eozoon canadense bezeichnet wurden.

Hervorgehoben sei hier noch, dafs man in bezug auf die zeitliche Aufeinanderfolge der sedimentären Formationen verschiedene Bildungsperioden unterschieden hat, nämlich die primäre, die sekundäre, die tertiäre und quartäre Periode. Die erstgenannte Periode umfafst verschiedene krystallinische Schiefer, die man gewöhnlich als Umwandlungsprodukte gewisser sedimentärer Formationen betrachtet (s. d. flg. Abt. C.), ferner die Grauwackengruppe, den sog. Übergangskalkstein und den Kohlensandstein nebst Steinkohlen. Die sekundäre Periode umfafst hauptsächlich die Trias-, Jura- und Kreidegruppe. In der tertiären Periode begegnen uns namentlich die verschiedenen Arten der Molasse. Im mittleren Europa bestehen die oberen Schichten der tertiären Formationen besonders aus Sand, Kies, Mergel mit Süfswasserversteinerungen, und Braunkohlen, die unteren Schichten aber vorzugsweise aus Thon und Schieferthon (mit Schwefelkies) im Wechsel mit Braunkohle. Die quartäre Periode endlich umfafst die Diluvial- und Alluvial-Bildungen.

B. Krystallinisch-massige Gesteine.

a. Der Granit und Syenit.

Der Granit (von *granum*, das Korn) ist ein krystallinisch körniges Gemenge von Feldspath, Quarz und Glimmer; grau, rötlich, gelblich, grünlich, weifs. Der Kalifeldspath (Orthoklas, Adular) aus kieselsaurem Kali und kieselsaurer Thonerde bestehend, kann hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung durch die Formel $KaO,3SiO_2 + Al_2O_3,3SiO_2$ dargestellt werden, in der *Ka* Kalium, SiO_2 Kieselerde, *Al* Aluminium, *O* Sauerstoff und Al_2O_3 Thonerde bedeutet. Im Natronfeldspath (Albit) ist das Kali durch Natron vertreten, im Labradorfeldspath durch Natron und Kalk. Der Glimmer besteht vornehmlich aus Kiesel- und Thonerde, mitunter auch aus nicht unbeträchtlichen Mengen von Talk (Magnesia), der in manchen Arten die Thonerde ganz vertritt. Aufserdem findet man noch einen wechselnden Gehalt von Eisenoxyd und Eisenoxydul, Kali, Lithion und Fluor, so dafs man demgemäfs von Kali-, Magnesia-, Lithionglimmer etc. spricht.

In den äufseren Formen des Granits, die sehr mannigfach sind, herrschen kuppige Berge mit einzelnen, oft malerischen Felspartieen vor.

Der Granit findet sich innerhalb Deutschlands im Harz, Thüringerwald, im Fichtel-, Erz- und Riesengebirge, im Schwarz- und Odenwald, wie auch in den Alpen. Weiter erscheint er im südöstlichen Frankreich, in den Pyrenäen, in Ungarn, Skandinavien, England und Oberägypten, in der Andeskette zwischen Loxa und Zaulaca, in den Andes von Neugranada, stellenweise an der Küste von Peru und an den Katarakten des Orinoco etc.

Von mehr untergeordneter Bedeutung ist der Granulit, der aus Quarz und Felsit besteht. Letzterer ist ein nicht krystallisirter, gleichförmig körniger Feldspath.

Der Syenit, dessen vorherrschende Grundmasse Feldspath mit Hornblende (Amphibol) ist, führt seinen Namen von der Stadt Syene in Oberägypten. Bei vorherrschendem Hornblendegehalt nennt man den Syenit auch Amphibolit. Die hauptsächlichsten Bestandteile der Hornblende sind Kieselsäure, Kalkerde und Magnesia, nebst Eisen- und Manganoxydul. Nimmt der Hornblendegehalt ab, während Glimmer und Quarz vortreten, so verschwindet der Unterschied zwischen Syenit und Granit fast ganz.

Der Syenit ist, obschon er oft Massen von bedeutender Höhe bildet, nicht sehr allgemein verbreitet. Er zeigt sich in den Vogesen, wo er in ballonartigen Gestalten auftritt, im Odenwalde, Erzgebirge, in Böhmen, Mähren, Finnland, auf den schottischen Inseln, in England, in den Andes, Mexiko, Neuholland etc.

b. Der Grünstein (Diorit).

Der Diorit erscheint als ein Gemenge von Albit und Hornblende mit krystallinisch-körnigem Gefüge. Der Albit ist, wie bereits oben bemerkt, im wesentlichen Feldspath, der aber Natron statt des Kali enthält.

Der Grünstein bildet teils regelmäfsige oder doch mehr oder weniger abgerundete Massen in der Form kleiner Felskuppen, teils Gebirgszüge mit vielen Seitenthälern. Seine Ver-

breitung ist jedoch nicht sehr groſs. Man findet ihn im Niederrheinischen-Schiefergebirge, im Harz, Fichtelgebirge, Erzgebirge, in den Sudeten und im Riesengebirge, weiter in Frankreich, Ungarn, Schweden, Schottland; am Himalaya, auf Ceylon, Neufundland, in den vereinigten Staaten bei Boston, in den Andes von Papayan etc.

c. Der Porphyr und Trachyt.

Der rote Porphyr (Quarzporphyr) besteht hauptsächlich aus einer dichten, derben Feldspathmasse mit Quarz, die in ihrem Innern einzelne Krystalle von Feldspath (Orthoklas), Quarz und mitunter auch solche von Glimmer oder Hornblende enthält. Die Farbe der Grundmasse ist braun- bis ziegelrot, mitunter auch gelb, grün, violet und grau.

Der Porphyr, welcher häufig in andere Formationen eindringt, bildet meist steile Kegelgebirge mit vielfacher Zerklüftung in Säulen und Platten. Man findet ihn in den Sudeten, im Riesengebirge, im südlichen Harz, bei Halle an der Saale, im Thüringerwald, in den rheinischen Gebirgen und in den tyroler Alpen. In groſser Verbreitung und Mächtigkeit erscheint derselbe in den Andes von Quito, Peru, Neugranada und Mexico.

Der Trachyt, eine dem roten Porphyr ähnlich zusammengesetzte Gebirgsart, besteht aus einer feldspath-quarzigen Grundmasse, welche Krystalle von glasigem Feldspath, häufig auch Glimmerblättchen und Hornblendenadeln einschlieſst. Das Gefüge der Grundmasse ist sehr verschieden: körnig, dicht, erdig, schlackig; die Farbe rötlich, gelblich, grau, grünlich. Die Trachytgesteine verraten beim Anfühlen eine mehr oder weniger groſse Rauhigkeit.

d. Phonolith, Dolerit, Melaphyr und Basalt.

Der Phonolith oder Klingstein giebt beim Anschlagen mit dem Hammer gewöhnlich einen hellen Klang, woher auch sein Name kommt, und ist ein inniges Gemenge von Feldspath und einem Zeolith, das in der Regel noch zufällige Gemengteile enthält. Der Bruch zeigt beim Phonolith eine glasartige oder muschelige Beschaffenheit, doch ist er mitunter auch split-

terig und erdig. Die Farbe ist grau, häufig mit einem Stich ins Grünliche oder Schwärzliche.

Die Grundmasse des Dolerit ist ein inniges Gemenge aus Kalk- oder Labradorfeldspath und Augit, welches ausgesonderte Krystalle der eben angeführten Bestandteile, sowie auch Magneteisen, Olivin, etc. enthält. Dicht, feinkörnig oder erdig, dunkelgrau bis schwarz gefärbt.

Auch der Melaphyr oder Augitporphyr stellt sich als ein inniges Gemenge aus Augit und Labradorfeldspath dar, welches durch einzelne Krystalle von Augit und Labrador porphyrartig aussieht. Der Augit (Pyroxen) ist eine Verbindung von Kieselsäure mit Kalk und Bittererde (Magnesia), den in manchen Augiten noch Eisenoxydul beigesellt ist. Mitunter ist auch die Bittererde durch Mangan- oder Eisenoxydul vertreten.

Der Basalt ist gleichfalls ein inniges Gemenge aus Augit und Feldspath mit Magneteisen. Der Grundmasse eingelagert sind in der Regel: Olivin, Augit, seltner Krystalle von Feldspath, Magneteisen, Hornblende, Glimmer. Der Basalt erscheint dicht mit etwas muscheligem oder feinsplitterigem Bruche, von grau- oder bläulich schwarzer Farbe. Der basaltische Mandelstein enthält Blasenräume, die häufig mit Zeolithen oder Kochsteinen (Hauptbestandteile derselben: Kieselerde und Thonerde, auch Wasser, das beim Erhitzen aufwallt) und anderen Mineralien angefüllt sind. Basalte, die eine grofse Menge leerer Räume enthalten, haben eine schlackenähnliche und schaumige Beschaffenheit und heifsen deshalb verschlackte Basalte.

Der Basalt erscheint häufig in prismatischen, meist sechsseitigen Säulen, die öfters wieder leicht zu erkennende Kuppen, aber auch längere Züge bilden. Obschon die Mächtigkeit des Basalts nicht sehr bedeutend ist, so kommt er doch in Europa sehr reichlich vor. Für Deutschland hat man zwei Basaltzonen unterschieden, nämlich die grofse nördliche und die südliche Basaltzone. Zur ersten gehören:

1. Die Gruppe der vorderen Eifel.
2. Die Gruppe der hohen Eifel und des Maifeldes in der Gegend von Laach und Andernach.
3. Die Gruppe des Siebengebirges.
4. Die Gruppe des Westerwaldes.

5. Die Gruppe des Vogelgebirges.
6. Die Gruppe des Rhöngebirges.
7. Die Gruppe von Böhmen, Sachsen und Schlesien.

Zur südlichen Basaltzone gehören:

1. Die Gruppe des Kaiserstuhles bei Breisach am Rhein.
2. Die Gruppe des Hegau bei Hohentwiel.
3. Die Gruppe der Rauhen Alp.

e. Gruppe der Vulkane.

Nicht selten erscheinen die Vulkane zu gröfseren oder kleineren Gruppen vereinigt, was vermuten läfst, dafs zwischen den Gliedern einer solchen Gruppe ein innerer Zusammenhang stattfindet. So steht der Vesuv in Verbindung mit den Kratern in den Phlegräischen Feldern und dem Epimeo auf Ischia und vielleicht auch mit dem Aetna. Viele dieser Gruppen zeigen eine linearische Anordnung, weshalb man sie Reihenvulkane nennt. Nach L. v. Buch unterscheidet man wieder zwei Arten derselben, je nachdem sie als einzelne Kegelinseln aus dem Grunde des Meeres oder vom höchsten Rücken eines Massengebirges aufsteigen, dessen Gipfel sie dann bilden. Im ersteren Falle läuft aber gewöhnlich ein Gebirg zur Seite der Vulkanenreihe. Hierher gehören unter anderen die Reihen der Puy's in Auvergne, der Griechischen Inseln, die Reihen von Chili, Bolivia und Quito.

Anderseits sind kleinere Kegel auf eine bestimmte Weise um einen gröfseren gruppiert. Man spricht dann von Centralvulkanen, welche nach L. v. Buch den Mittelpunkt einer grofsen Menge nach allen Seiten wirkender Ausbrüche bilden. Hierher rechnet man unter anderen den Aetna, an dessen Abhängen sich noch gegen 80 sekundärer Kegel befinden, von denen aber die meisten nur zur Zeit ihrer Entstehung Lava ausgeworfen haben, ferner die liparischen Inseln, den Vesuv, Island, die Azoren, die canarischen Inseln mit dem Pico de Teyde, der 11,430′ hoch ist.

Für die Reihenvulkane nahm man als wahrscheinlich an, dafs durch die vulkanischen Kräfte eine lange Erdspalte entstand, die nachmals wieder geschlossen wurde, so aber, dafs an

einzelnen Stellen noch eine Kommunikation zwischen dem Erdinnern und der Atmosphäre blieb, und sich demgemäfs eine Reihe von Ausbruchskratern bildete. Die Centralvulkane hingegen sollten durch mehrere nach verschiedenen Richtungen laufende Spalten entstehen, so dafs eine Hauptröhre (Hauptvulkan) sich bildete, durch welche die Gemeinschaft der Seitenvulkane mit dem Erdinnern unterhalten wird. Man erkennt übrigens leicht, dafs der Unterschied zwischen den Central- und Reihenvulkanen nicht als ein streng durchgreifender angesehen werden kann.

Bemerkt sei noch, dafs die meisten Vulkane im Meere (auf Inseln), die übrigen kontinentalen Vulkane aber mit wenigen Ausnahmen in nicht beträchtlicher Entfernung von der Meeresküste liegen. Auch die Erdbeben treten häufiger in Küstenländern als im Innern der Kontinente auf.

C. Metamorphische Felsarten.

(Gruppe der Schiefer.)

1. Wir heben hier zunächst den Thonschiefer, als ein ursprünglich sedimentäres Gestein hervor, mit welchem die nachfolgenden krystallinischen Schiefergesteine allem Anscheine nach in einer gewissen causalen Beziehung stehen. Die Hauptmasse des Thonschiefers ist aus Thon und Kieselerde zusammengesetzt, welche letztere den ersteren vollständig durchdringt oder demselben in einzelnen feinen Quarzkörnern beigemengt ist. Aufserdem finden sich im Thonschiefer noch gröfsere oder geringere Mengen von Eisenoxyd, Kali, Kalk und Talk. Durch Kohle erscheint derselbe nicht selten grau oder schwarz gefärbt.

Aufser dem gemeinen Thonschiefer und der Grauwacke, welche jener schichtenweise enthält, gehören hierher noch der Dachschiefer von schwarzgrüner Farbe, der Wetzschiefer mit einem bedeutenden Gehalt an Kieselerde, und der Alaunschiefer. Der letztere wird wegen seines Gehaltes an Schwefeleisen zur Alaunfabrikation benutzt, indem sich das Schwefeleisen durch Hitze zersetzt und Schwefelsäure liefert, welche durch ihre Verbindung mit Thonerde und Kali eben den Alaun bildet.

Der Thonschiefer, welcher allgemein verbreitet ist, bildet ausgedehnte Bergebenen oder wellenförmige Berge mit sanft ge-

rundeten Rücken. Nur hier und da, wo er von tiefen Thälern durchschnitten wird, zeigt er eine Art klippiger und zackiger Felsenbildung.

2. Der Glimmerschiefer ist ein Gemenge aus Glimmer und Quarz, von denen jedoch der erstere das Übergewicht hat. Das Gefüge ist krystallinisch-schiefrig. Der Glimmer erscheint in der Form von Blättchen, welche nicht selten die Quarzblättchen oder Quarzkörner einschliefsen. Die Farbe ist grau, weifs, gelblich, rötlich, bräunlich. Zufällige Gemengteile sind: Granat, Talk, Chlorit, Turmalin, Feldspath, Hornblende etc.

Der Glimmerschiefer geht häufig in den Gneifs über und wechselt auch hier und da lagerweise mit dem Hornblendeschiefer ab.

Als Glimmerschiefer mit überwiegendem Quarzgehalt erscheint der Quarzfels und Quarzschiefer, welche meist eine glänzend weifse Farbe zeigen, mitunter aber auch durch Feldspath oder Eisenoxyd bräunlich oder rötlich gefärbt sind.

Die Mächtigkeit des Glimmerschiefers ist bedeutend; er bildet nicht selten weit ausgedehnte Gebirgszüge mit gerundeten Gipfeln und terrassenartigen, von vielen Schluchten durchschnittenen Abhängen.

Gedacht sei hier auch des mit dem Thonschiefer in naher Beziehung stehenden und meist aus stark mit einander verwachsenen Talkblättern zusammengesetzten Talkschiefers. Die Farbe desselben ist häufig grau oder gräulich grün, aber auch braungrün, rot, violet, schwarz, zuweilen weifs mit starkem Glanze. — Mit dem Talkschiefer verbunden, oft aber auch selbständig, tritt der Chloritschiefer in berggrüner bis schwärzlich grüner Farbe auf. — In Verbindung mit dem Chloritschiefer erscheint auch der Serpentin und Serpentinschiefer.

3. Der Gneifs ist ein krystallinisch-schiefriges Gemenge aus Quarz, Feldspath und Glimmer. Der Quarz, welcher eine graue Farbe hat, erscheint teils in der Form von Körnern, teils innigst mit dem Feldspath verwachsen. Der Glimmer bildet zum Teil einzelne parallel liegende Blättchen, zum Teil zusammenhängende Lagen, welche mit körnigen Lagen von Feldspath und Quarz wechseln. Auch werden öfter gröfsere Feldspathkrystalle vom Glimmer umschlossen. Die Farbe des letzteren ist schwarz,

braun oder grau. Der Gneifs geht über in Granit und Glimmerschiefer, und erscheint überhaupt häufig in Begleitung des ersteren.

Die Verbreitung dieser Felsart, die übrigens in mehreren Varietäten vorkommt, ist gleichfalls sehr grofs; sie bildet teils einzelne Berge mit runden Rücken, teils lang ausgedehnte wellenförmige Bergzüge von verschiedener Gröfse. Viele Felsen, zackige und spitzige Gipfel bemerkt man bei ihr nicht, sondern meist nur flache Kuppen.

87. *Art und Weise des Metamorphismus.*

Die in voriger Nr. unter C. aufgezählten Schiefergesteine wechseln einerseits mit Petrefakten führenden Lagern von Kalk und Thonschiefer, während sie anderseits häufig von Granit oder einem anderen plutonischen Massengestein begleitet sind. Da man nun an vielen Stellen wahrnahm, dafs der Thonschiefer unmittelbar in den Glimmerschiefer übergeht, ohne dafs dabei eine Veränderung in dem Streichen oder Fallen der Schichten stattfindet, so kam man auf die Vermutung, dafs der Glimmerschiefer ein durch Hitze modificirter Thonschiefer sei. Man dachte, die Kieselerde und Thonerde, welche beide im Thonschiefer enthalten sind, könnten sich durch Einwirkung einer Glüh- und Schmelzhitze zu Glimmer verbunden haben. Der Thonschiefer, welcher in der That schichtenweise unter dem Wasser niedergeschlagen wurde, lieferte hiernach das Material zur Bildung des Glimmerschiefers, der die Schichtung des ersteren beibehielt. Durch die Hitze geriet der Thonschiefer in einen zähflüssigen Zustand, welcher den Atomen gestattete, zu neuen krystallinischen Verbindungen zusammenzutreten, ohne jedoch die geschichtete Struktur des ursprünglichen Thonschiefers aufzuheben, da der letztere eben nicht in eine vollkommen bewegliche Masse umgewandelt wurde. So ging bei Gegenwart einer verhältnismäfsig geringen Menge von Kali und Natron in dem Thonschiefer dieser in Glimmerschiefer, bei einer beträchtlicheren Kalimenge in Gneifs, bei vorwaltender Talkerde in Talk- oder Chloritschiefer über, während die Metalloxyde, namentlich Eisen- und Manganoxydul, mit etwas Kalk- und Talkerde zu

neuen kieselsauren Verbindungen, insbesondere zu schön krystallisierten Granaten zusammentraten.

Da Gneifs und Glimmerschiefer Schichten bilden, die häufig in der Nähe des Granits vorkommen, so betrachteten manche den letzteren als das Gestein, welches teils durch Ausstrahlung von Wärme, teils durch Contact die eben erwähnten Metamorphosen bewirkt habe. Dabei reflektierte man noch auf die Möglichkeit, dafs mit den plutonischen Massen gleichzeitig Gase und Dämpfe aufstiegen. So konnten vielleicht bei dem Hervortreten glutflüssiger Granitmassen Kalidämpfe sich entwickeln, welche in den durch Hitze erweichten Thonschiefer eindringend diesen dem Granit zunächst in Gneifs verwandelten, während weiter entfernt Glimmerschiefer, sodann Kieselschiefer und lydischer Stein durch innige Verbindung der mechanisch beigemengten Kieselerde mit den übrigen Bestandteilen des ursprünglichen Gesteins sich bildete, und endlich der Thonschiefer in Struktur und Zusammensetzung unverändert blieb. — Diese Erklärung ist jedoch in vielen Fällen nicht zutreffend. Man denkt sich daher die krystallinischen Schiefer, vom Standpunkte der plutonistischen Ansicht, vielmehr durch die andauernde Einwirkung eines starken Druckes und der hohen Temperatur des Erdinnern aus sedimentären Schichten entstanden.*) Die Temperaturerhöhung ergab sich notwendig aus dem durch Senkung und Überlagerung bewirkten Hinabrücken in die Tiefe, wobei zu beachten ist, dafs ein starker Druck den Übergang aus der starren in die tropfbarflüssige Aggregatform begünstigen kann. Sicher wurde durch den starken Druck der Zusammenhang zwischen den Teilchen des sedimentären Gesteins gelockert und ihnen eben damit Gelegenheit gegeben, sich auf eine andere Weise zu gruppieren.

Im Übrigen ist nicht zu verkennen, dafs auch das Wasser bei der Bildung jener Gesteine, die eine gewisse Menge davon enthalten, beteiligt war.**) Nach der Ansicht mancher Geo-

*) s. B. Cotta, Geologie der Gegenwart, 1866.

**) Über Glimmerbildung (im Sinne der plutonistischen Theorie) unter Bezugnahme auf den Wassergehalt s. Th. Scheerer, der Paramorphismus u. seine Bedeutung in der Chemie, Mineralogie und Geologie. Braunschw. 1854.

logen sollen die Granite durch Erstarrung einer im schmelzflüssigen Zustande befindlichen, von Wasser durchtränkten Masse unter hohem Drucke entstanden sein. Indessen wurde gegen die Annahme, dafs der Granit und die sonstigen quarzhaltigen Gesteine aus einer schmelzflüssigen Masse erstarrt seien, von H. Rose ein Bedenken erhoben, das sich vornehmlich auf den Umstand stützt, dafs krystallisierter Quarz (Bergkrystall), wenn er im Knallgasgebläse geschmolzen wird, an specifischem Gewichte verliert und in den amorphen Zustand übergeht. Dagegen hat man gemeint, dafs die Erstarrung des Granits und daher auch des Quarzes unter Umständen erfolgt sei, die von denjenigen, unter welchen jener Versuch ausgeführt wurde, gar sehr abweichen. Ein anderer Einwurf gegen die Entstehung des Granits durch Erstarrung aus einem schmelzflüssigen Zustande betrifft das Factum, dafs die Schmelzpunkte von Quarz, Glimmer und Feldspath beträchtlich auseinander liegen. Da der Feldspath früher schmilzt als der Quarz, so sollte, wenn eine die genannten drei Mineralien enthaltende schmelzflüssige Masse erkaltet, zuerst der Quarz, dann der Glimmer krystallisieren und der Feldspath schliefslich die von beiden leer gelassenen Räume ausfüllen. Es füllt aber der Quarz im Granit die Zwischenräume zwischen den Feldspathkrystallen aus; daher vielmehr anzunehmen ist, dafs der Quarz länger flüssig blieb, wenigstens in den Fällen, wo er Eindrücke von der Form des Feldspaths erkennen läfst. Indessen ist der hieraus entnommene Einwurf gegen jene Entstehung des Granits abgeschwächt durch Versuche von Duroche, wonach die Kieselsäure in einer Legierung mit den Bestandteilen des Feldspaths eben so lange als der letztere flüssig bleibt, sodann durch den von Bunsen hervorgehobenen Umstand, dafs der Erstarrungspunkt eines mit andern Substanzen zu einer Lösung verbundenen Körpers aufser von dem Drucke hauptsächlich von dem relativen Verhältnis der gelösten Substanzen abhängt.

Als bedeutsam für die Erklärung gewisser Gesteinsbildungen erachtet man ferner einige von Senarmont und Daubrée angestellte Versuche, welche die Lösungsfähigkeit des Wassers bei hoher Temperatur und unter starkem Drucke betreffen. Es ergab sich, dafs die Lösungsfähigkeit des Wassers durch gleich-

zeitige Einwirkung einer hohen Temperatur und eines starken Druckes sich sehr beträchtlich steigern läfst, was auch von Vogelsang in Gemeinschaft mit Bettendorff bestätigt wurde. Senarmont fand, dafs viele im allgemeinen als unlöslich geltende Mineralverbindungen unter den besagten Umständen sich lösten, resp. krystallinisch abschieden.

Zu den metamorphischen Gesteinen rechnet man auch den krystallinischen Marmor, der, wie man vielfach annimmt, aus dichtem kohlensauren Kalk entstanden ist, indem dieser durch die innere Erdwärme zum Schmelzen gebracht worden, ohne dabei wegen des gleichzeitig stattgefundenen starken Druckes seine Kohlensäure zu verlieren. Beim Erhärten erhielt dann die geschmolzene Masse ein krystallinisches Gefüge. Diese Ansicht stützt sich vornehmlich auf einen von J. Hall angestellten Versuch, wonach kohlensaurer Kalk durch Schmelzung in einem geschlossenen Raume in Marmor übergeht. Später fand Buchholz, dafs die Trennung der Kohlensäure vom Kalk auch durch einen beträchtlich geringeren Druck, als den von Hall angewendeten verhindert werde. Neuerdings wurden darauf bezügliche Versuche von G. Rose angestellt, die im wesentlichen zu einer Bestätigung der von Hall gewonnenen Resultate führten.

Als eine andere plutonische Metamorphose des Kalksteins werden von einigen die Dolomite betrachtet, welche aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Bittererde zusammengesetzt sind und oft in der Nähe von Eruptivgesteinen auftreten. Nach Haidinger soll die Talkerde als schwefelsaure Magnesia bei erhöhter Temperatur und unter grofsem Drucke in der Art auf den von ihr durchdrungenen Kalkstein eingewirkt haben, dafs das Doppelsalz von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia, also der Dolomit, unter gleichzeitiger Ausscheidung von schwefelsaurem Kalk (Gips) entstand. Da jedoch der Dolomit auch ohne Gips vorkommt, so ist derselbe nach Nauk vielmehr dadurch entstanden, dafs kohlensaure Magnesia in kohlensäurehaltigem Wasser den Kalk durchdrang und mit diesem das Doppelsalz bildete; oder wenn das Wasser kieselsaure Magnesia enthielt, so wurde der kohlensaure Kalk gelöst, der sich, nach Ausscheidung der Kieselsäure durch die Kohlensäure, mit der kohlensauren Magnesia zu Dolomit verband, während die aus-

geschiedene Kieselsäure sich in den Drüsenräumen des Dolomits teils krystallinisch als Quarz, teils amorph als Opal, absetzte. Nach Hunt resultierte der in Begleitung von Gips vorkommende Dolomit durch die Zersetzung von schwefelsaurer Magnesia und doppeltkohlensaurer Kalkerde, der ohne Gips auftretende Dolomit hingegen aus einer Zersetzung von Chlormagnesium und schwefelsaurer Magnesia und einem Alkali-Bicarbonat. Zunächst entstand nämlich aus den Bittererdesalzen durch Einwirkung von doppeltkohlensaurem Natron, welches in vielen Quellwassern vorkommt, ein verhältnismäfsig leicht lösliches Bicarbonat von Magnesia, nachdem vorher alle vorhandenen löslichen Kalksalze in unlösliche kohlensaure Verbindungen umgesetzt worden waren. Aus dem so entstandenen Bittererdebicarbonat schied sich dann langsam ein wasserhaltiges Bittererdecarbonat aus, welches bei mäfsiger Wärme in Gegenwart von Wasser und von kohlensaurer Kalkerde mit der letzteren sich zu einem Doppelsalze (Dolomit) verband. Das häufige Zusammenvorkommen von Dolomit und Bittererde-Silicaten in den krystallinischen Schiefern erklärt sich aus der gleichzeitigen Anwesenheit eines Alkali-Silicates, indem dieses zur Entstehung von unlöslichen Magnesia-Silicaten Anlafs gab.

Die Wahrnehmungen an dem Quellwasser bekunden zur Genüge, dafs das durch die Erdschichten sickernde Wasser Bestandteile der Gesteine auflöst. Diese Teile können unter verschiedenen Umständen auf verschiedene Weise niedergeschlagen oder wieder abgegeben werden, so durch Verlust eines der auflösenden Bestandteile, namentlich der Kohlensäure, oder durch chemische Affinitäten infolge von Contactverhältnissen. Danach konnten aus losem Sande, Thon und kreideartigen Kalkmassen fester Sandstein, Schiefer und Kalksteine sich bilden, indem die Masse des sedimentären Gebildes vermittelst des Wassers von neuen Stoffen durchdrungen wurde. Auch wurden wohl die Erze (metallreiche Mineralien), die man in vielen Gängen findet, durch Gewässer aus dem Nebengestein oder aus der Tiefe herbeigeführt.

Neuerdings hat man auch die mikroskopische Petrographie als wichtig für das genetische Studium der krystallinischen Gesteine erkannt, und zwar namentlich in Hinsicht auf die individuelle

Bildungsweise der einzelnen constituierenden Mineralien und die sekundären Veränderungen, welche sie erlitten haben, sowie auch in Ansehung der formellen und materiellen Bildungsweise der Gesteinsmasse. Unter Bezugnahme auf die mikroskopischen Gesteinsstudien hebt Vogelsang*), im Hinblick auf eine Molecularströmung folgende Sätze als besonders wichtig hervor. Die einzelnen Bestandteile der Gesteine sind nämlich in ihrer Masse mehr oder weniger wässerigen Flüssigkeiten zugänglich. Für die Wirkung dieser Flüssigkeiten kommt nicht nur die Strömung und Verteilung derselben innerhalb der einzelnen Bestandteile des Gesteins, sondern auch die Empfänglichkeit des Aggregates als solchen für dergleichen Einwirkungen in betracht. Diese Empfänglichkeit ist im allgemeinen von Dichtigkeitszuständen abhängig und demgemäfs in krystallisierten Bestandteilen nach Intensität und Verbreitung eine andere als in amorphen oder unvollkommen krystallinischen.

Zwölftes Kapitel.

Geschichte der Erdbildung.

88. *Die Erde als planetarischer Körper oder als Glied des Sonnensystems.*

Aus der Thatsache, dafs alle Planeten sich von West nach Ost um die Sonne bewegen, und dafs die letztere in demselben Sinne, wie jene, nämlich gleichfalls von W. nach O. um ihre Axe rotirt, schlofs Laplace und vor ihm Kant auf einen gemeinsamen Ursprung aller Planeten. Überdies fallen die Bahnen der letzteren nahezu in die Ebene des Rotationsäquators der Sonne. Man denkt sich nun, dafs die sämtlichen Bestandteile, welche die Körper unseres Sonnensystems konstituieren, einst miteinander zu einem ungeheuren Dunstballe vereinigt waren, dessen Dimensionen wohl noch über das Sonnensystem hinausreichten. Diese Masse besafs eine rotierende Bewegung von W. nach O., so dafs die Rotationsaxe auf der mitt-

*) Philosophie der Geologie und mikroskopische Gesteinsstudien. Bonn, 1867. S. 149 ff.

leren Ebene der Planetenbahnen nahezu senkrecht stand. Durch Contraction der Teilchen nach dem Mittelpunkte hin, eine Folge verschiedenartiger Anziehungen, entstand ein dichterer Kern, der von der übrigen Dunstmasse, wie von einer ungeheuren Atmosphäre, umschlossen war, und von dieser fortwährend Teilchen an sich heranzog. Mit zunehmender Contraction mufste indes die Geschwindigkeit der Rotation, also auch die Centrifugalkraft zunehmen. Am äufseren Umfange des Rotationsäquators, wo Schwungkraft und Gravitation miteinander im Gleichgewicht waren, bildete sich ein Dunstring, welcher aber seine Rotation um den Kern fortsetzte. Dies konnte sich unter denselben Bedingungen öfter wiederholen. Die Ringe zerrissen nun entweder in mehrere Stücke, von denen jedes seine frühere Bewegung von W. nach O. um die Centralmasse beibehielt, oder das gröfste Stück zog die kleineren Stücke herbei, um sie mit seiner Masse zu vereinigen. Weil aber der äufsere Teil des Ringes eine gröfsere Geschwindigkeit als der innere hatte, so erhielt die abgesonderte Dunstmasse gleich anfänglich eine Axendrehung und zwar in demselben Sinne, in welchem ihre Bewegung um den Kern geschah. In den so entstandenen planetarischen Dunstmassen konnten sich nun auf dieselbe Weise Dunstringe von der inneren, dichteren Masse absondern und sich zu neuen sphäroidischen Nebelmassen gestalten. Daher die Monde oder Trabanten.

Die soeben kurz charakterisierte Kant-Laplace'sche Ansicht von der Entstehung des Sonnensystems läfst der Phantasie in betreff der Art und Weise, wie die Grundstoffe in jener Dunstkugel, und in den von ihr abgesonderten planetarischen Massen vorhanden waren, einen ziemlich weiten Spielraum. Vielleicht existierten ursprünglich nur sehr einfache Atomgruppen, aus welchen erst infolge mannigfacher Bewegungen die kleinsten Massenteilchen der sog. chemischen Grundstoffe oder Elemente hervorgingen. Doch konnten die letzteren auch bereits fertig gebildet vorkommen, so dafs dieselben z. B. im Hinblick auf die anfängliche Dunstkugel unseres Erdkörpers teils gasförmig, teils im Zustande feiner Verteilung in ihr vorhanden waren. Allerdings mufste nun mit der Contraction dieser Kugel eine entsprechende Wärmeentwickelung verbunden sein. Auch machen es die durch die Spectralanalyse gewonnenen Ergebnisse sehr wahrscheinlich, dafs die planetarischen Körper durch einen glutflüssigen Zustand hindurchgegangen sind.

Zur Stütze der Laplace'schen Hypothese*) läfst sich einigermafsen ein zuerst von Plateau angestellter Versuch verwenden, wonach eine flüssige in Rotation begriffenene Kugel vermöge der Centrifugalkraft die obenerwähnte Bildung von Ringen darbietet. Das gewichtigste Bedenken gegen die in Rede stehende Hypothese dürfte wohl in dem Umstande liegen, dafs man die Bewegung der Trabanten des Uranus als eine rückläufige erkannt hat, dafs also diese Bewegung nicht in demselben Sinne erfolgt, wie die des Hauptplaneten um die Sonne. Um diese Schwierigkeit hinwegzuräumen hat namentlich Faye**) eine Reihe von Betrachtungen angestellt, wobei er auf eine Wirbelbewegung der Molecüle um eine bestimmte Axe reflectiert. Demzufolge entstand eine Zerteilung der Nebelmasse in zwei Zonen, in eine innere und eine äufsere Zone. Nun ist die rechtläufige Bewegung der aus der glühenden Nebelmasse sich herausgestaltenden Körper, wie wir wissen, durch die gröfsere Rotationsgeschwindigkeit der äufseren Teile des betreffenden Ringes bedingt. Diese Bedingung war aber, nach Faye, nur rücksichtlich der inneren Zone erfüllt, während für die äufsere Zone andere Verhältnisse obwalteten.

89. *Bildung der Erdrinde.*

Dem Vorhergehenden zufolge können wir die Erde in ihrem anfänglichen Zustande allenfalls als ein Gassphäroid betrachten, insofern nämlich als die bekannten Grundstoffe, aus denen sie zusammengesetzt ist, meist gasförmig in einander verbreitet waren.

Fragt man nun nach den Stoffen, welche zur Bildung des Erdkerns am geeignetsten waren, so bieten sich die schwersten Metalle dar, deren Affinität zu anderen Stoffen nur gering ist. Diejenigen metallischen Elemente aber, welche eine grofse Verwandtschaft zum Sauerstoff besitzen, vereinigten sich mit demselben bei einer gewissen Temperatur. Hierher gehören namentlich Kali, Natron, Kalkerde, Talkerde, Thonerde und Kieselerde. Neben dem Sauerstoff, der in überwiegender Quantität vorhanden war und noch ist, ging auch der Schwefel mit verschiedenen Metallen mancherlei Verbindungen ein, die sich ebenfalls, schon

*) s. des Verf. Schrift: Über die Entstehung der Welt etc. Halle 1870.

**) Sur l'origine du système solaire: Compt. rend. de l'acad. franç. T. XC. p. 637.

ihrer beträchtlichen Schwere wegen, dem dichteren Erdkern frühzeitig anschlossen. Die erstgenannten Verbindungen konnten aber nicht miteinander in Berührung kommen, ohne neue Verbindungen untereinander zu bilden, in denen die Kieselerde die Rolle einer Säure spielte. Es entstanden also kieselsaure Salze, die man Silicate nennt, und Gemenge derselben.

Die grofse Wärmemenge, welche anfänglich mit dem Erdkörper verbunden war, verminderte sich allmählich durch Ausstrahlung, so dafs zunächst dessen äufsere Schichten einer Abkühlung anheimfielen. Sobald nun die Temperatur unter den Schmelzpunkt der Silicate herabgesunken war, bildeten diese, indem sie langsam erstarrten, eine Rinde um den flüssigen und glühenden Erdkern. Man erkennt leicht, dafs der Erstarrungsprozefs der Silicate nur sehr allmählich erfolgen konnte, und dafs er in den äufseren Schichten früher als in den inneren eintreten mufste. Die Silicate sind schlechte Wärmeleiter, sie konnten deshalb die vom glühenden Erdkern ausstrahlende Wärme nur langsam durchlassen, was denn natürlich wieder eine schnellere Erkaltung der umgebenden Atmosphäre zur Folge hatte. Die zuerst gebildete starre Kruste konnte aber über dem flüssigen Erdkerne nicht als ein zusammenhängendes Ganzes bestehen, einmal nicht wegen Entbindung gasförmiger Stoffe, und zum andern nicht, weil durch die Wirkung des Mondes und der Sonne die geschmolzene Erdmasse in analoger Weise, wie das jetzige Meer fluten und ebben mufste. Hierdurch wurde jene Kruste zerrissen; die einzelnen Stücke, die im Vergleich zu ihrer Dicke eine sehr grofse Flächenausdehnung haben mochten, schwammen als Schollen umher und setzten sich mehr oder minder unregelmäfsig wieder zusammen, um abermals wieder zerrissen zu werden, bis endlich die schwimmenden erstarrten Massen an Umfang und Dicke so anwuchsen, dafs sie eine zusammenhängende, sich selbst tragende Decke rings um den Erdkern bildeten. Die Atmosphäre enthielt aber aufser Sauer- und Stickstoff noch grofse Mengen von Wasserdampf und Kohlensäure, vielleicht auch Dämpfe von Salz-, Salpeter- und Schwefelsäure. Es mufsten nun auch gasförmige Bestandteile der Atmosphäre unter ihrem eigenen Drucke und durch allmähliche Abkühlung tropfbare Form annehmen. Sobald jedoch die Tempe-

ratur der äufseren Erdrinde bis zu einem gewissen Grade gefallen war, konnte der gröfsere Teil des Wasserdampfes nicht mehr in Gasform bestehen, sondern mufste die Erdrinde mit einer Wasserschicht bedecken, worin nun gleichfalls die Erscheinung der Ebbe und Flut hervortrat. Mit der Bildung dieses Meeres war zugleich eine Reinigung der Atmosphäre verbunden, indem der sich niederschlagende Wasserdampf alle löslichen Stoffe teilweise in sich aufnahm.

Das Meerwasser löste nun einen grofsen Teil der äufseren Erdrinde wieder auf, wozu es damals wegen seiner höheren Temperatur und der in ihm enthaltenen Säuren sehr geschickt war. Doch schon geraume Zeit vor dem Tropfbarwerden des Wassers konnten die in der Atmosphäre befindlichen Wasserdünste und Kohlensäure eine Verwitterung der bereits gebildeten Silicate herbeiführen. Hierdurch wurden Thon- und Kieselerde blosgelegt und dann später vom Wasser aufgenommen, in dem sie sich allmählich als Thonschiefer und Grauwacke absetzten. Möglicherweise bildete sich neben den Silicaten schon früh kohlensaurer Kalk, und zwar unter dem Drucke der in der Atmosphäre frei bleibenden Kohlensäure. Dieser kohlensaure Kalk wurde gleichfalls von dem, viele freie Kohlensäure enthaltenden Meerwasser aufgelöst und später als sog. Übergangskalk niedergeschlagen. Organische Geschöpfe konnten in diesem Meere erst dann gedeihen, nachdem seine Temperatur bis zu einem gewissen Grade gesunken war und eine gehörige Reinigung desselben von fremden, den Organismen schädlichen, Stoffen stattgefunden hatte.

Mit zunehmender Erkaltung und Erstarrung resp. Zusammenziehung der äufseren Erdrinde entstanden Risse und Spalten, aus denen zähe, geschmolzene Massen unter Mitwirkung des Auftriebes sich entwickelnder Gase, hervorbrachen. So entstanden Berge, welche inselartig aus dem Meere hervorragten. Dergleichen Eruptionen wiederholten sich in mehr oder weniger langen Pausen, und zwar bis zu einer gewissen Grenze mit wachsender Intensität, da mit zunehmender Erstarrung und Verdichtung der Erdrinde die Reaction des flüssigen Innern gegen die Oberfläche kräftiger wurde. Auch jetzt hat diese Reaction noch nicht aufgehört, nur ist sie mehr eine lokale geworden.

Die Beschaffenheit der plutonischen Massen mufste aber je nach der Zeit ihrer Erhebung verschieden ausfallen; denn anfänglich traten dieselben unter dem Drucke einer heifsen und dichteren Atmosphäre und ohne Einwirkung tropfbarflüssigen Wassers, später dagegen unter dem Einflusse des letzteren hervor.

Aus dem bereits Dargelegten ergiebt sich schon, dafs die Gesteine, welche die Erdkruste zusammensetzen, ursprünglich nicht ohne weiteres so entstanden, wie sie sich jetzt der Wahrnehmung darbieten. Dies gilt namentlich auch für die sedimentären Formationen, bezüglich deren zwei Bildungszeiten zu unterscheiden sind, nämlich eine Zeit des Absatzes oder Niederschlages aus dem Wasser und eine zweite der Erhärtung und sonstigen mehr oder minder erheblichen Umwandlung. Im Übrigen ist die aufsteigende Bewegung ganzer Erdkrustenteile und die damit verknüpfte Störung der normalen Lagerungsverhältnisse sedimentärer Schichten nicht sowohl einem wirklichen Durchbruche der heifsflüssigen Innenmasse, als vielmehr einem blofsen Emporstreben dieser Masse zuzuschreiben.

Die eben vorgetragene Theorie über die allmähliche Ausbildung des Erdkörpers kann zu ihren Gunsten eine Reihe geologischer Thatsachen anführen, welche auf eine Massenerhebung von unten und auf die Einwirkung einer intensiven Hitze hinweisen. Auch schliefst sie die neptunistische Ansicht, nach welcher die Entstehung der festen Erdrinde auf nassem Wege erfolgt sein soll, keineswegs aus, sondern nur in gewisse Grenzen ein.*) Dies gilt auch in Ansehung der krystallinischen Felsarten. Die volle Entscheidung in dieser Beziehung kann selbstverständlich nur unter strengster Beachtung der einschlägigen chemischen und physikalischen Gesetze und der betreffenden geognostischen Thatsachen herbeigeführt werden. Im Hinblick auf die Grenzen und den Zweck dieser Schrift müssen wir es uns versagen, noch weiter auf die in Rede stehenden Fragen einzugehen. Indessen sei noch besonders hervorgehoben, dafs verschiedene Geologen, wie Prevost, Mallet, Dana**) und Suess***) das Hervortreten

*) s. des Verf. Schrift: Über die Entstehung der Welt etc. Halle 1870.

**) Manual of geology. New-York 1880.

***) Die Entstehung der Alpen. Wien 1875 und Das Antlitz der Erde,

der Gebirge vornehmlich seitlichen Pressungen und Verschiebungen grofser Massen infolge der Erstarrungsvorgänge der Erde zuschreiben. Vermöge andauernder seitlicher Pressung entstanden an den Stellen der gröfsten Spannung Risse, Spalten und Brüche. Solche Ereignisse können wie früher, auch heute noch auf ganz analoge Weise stattfinden. Mit einer unterirdischen Spaltenbildung hat man auch die Entstehung der Erdbeben in Beziehung gesetzt (s. Nr. 81).

Nach der obigen Betrachtung über die Bildung des Erdkörpers müssen wir es als wahrscheinlich erachten, dafs derselbe jetzt noch aus einer glutflüssigen Innenmasse besteht, die allmählich nach aufsen hin durch mehr zähflüssige Schichten in die starre Erdkruste übergeht. Nach einer von A. Ritter*) dargelegten Untersuchung soll sogar das Innere des Erdkörpers aus überhitzten Gasen bestehen, oder aus Gasen in dem sog. überkritischen Zustande, welcher auch bei dem stärksten Drucke den Übergang in die tropfbarflüssige Form ausschliefst. Diese Gaskugel ist von einer Gasschicht geringerer Temperatur umschlossen. Hierauf folgt, indem bei abnehmender Temperatur der betreffenden Elemente der äufsere Druck, hinsichtlich der Aggregatform, eine gröfsere Wirksamkeit entfalten kann, ein glühender Ring in tropfbarflüssiger Form, der nach oben hin allmählich zäher wird und ohne feste Trennungsschicht in die starre Erdkruste übergeht.

90. *Klimatische Verhältnisse der Erde in früheren Zeiten.*

Dafs ehemals eine höhere Temperatur auch in solchen Gegenden der Erde herrschte, welche dermalen der gemäfsigten und kalten Zone angehören, schliefst man aus der fossilen Tierwelt und besonders aus der fossilen Pflanzenwelt, welche in den sog. Tertiär- und Secundärbildungen zum grofsen Teil einen tropischen Charakter zeigt. Es ist indes nicht zu verkennen,

---

I. Teil Leipzig und Prag 1883, II. Teil 1885. Vgl. auch H. Credner, Elemente der Geologie, 2. Aufl. Leipzig 1876, und Daubrée, Synthetische Studien zur Experimentalgeologie, deutsch von Gurlt, Braunschweig 1880.

*) Unters. über d. Höhe der Atmosphäre und die Constitution der gasf. Weltkörper: Ann. der Physik und Chemie, Bd. 5, 6, 7, 8. Vgl. dazu in betreff der Erde die weiteren Folgerungen von Zöppritz: Verhandl. des 1. deutschen Geographentages in Berlin. 1882. S. 15.

dafs die nacheinander erfolgten Hebungen (resp. Senkungen) fester Massen und die damit verknüpften Änderungen in der Verteilung des Festen und Flüssigen bedeutende Temperaturschwankungen auf der Erdoberfläche herbeiführen mufsten, so dafs demzufolge Epochen höherer und niederer Temperatur in mehrfachem Wechsel aufeinander gefolgt sein können.

Man hat nun auch aus verschiedenen Thatsachen entnommen, dafs dem jetzt bestehenden relativ milden Klima der gemäfsigten Zone eine sog. Eiszeit vorausgegangen ist, in welcher die Eisbildung, namentlich auch auf der nördlichen Erdhälfte, sehr bedeutende Dimensionen erreichte (s. Nr. 77). Im Hinblick auf die Ursachen der Eiszeit dachte man an Änderungen der Intensität der Sonnenwärme und an sonstige astronomische Verhältnisse, die mit der Verteilung der Wärme auf der Erdoberfläche in einer gewissen Beziehung stehen (S. 59 f.). So reflektierte in dieser Hinsicht Adhémar auf die veränderliche Richtung der grofsen Axe der Erdbahn und auf die Veränderungen, welchen die Excentricität der Erdbahn unterworfen ist. Diese Ansicht unterliegt jedoch sehr erheblichen Bedenken; was auch, und zwar in noch höherem Grade, von einer anderen hierher gehörigen Hypothese gilt, die Schmick unter Bezugnahme auf die Excentricität der Erdbahn aufgestellt hat. Indessen fehlt es der oben dargelegten Ansicht von der Ausbildung des Erdkörpers keineswegs an Gründen, um die in Rede stehende Eiszeit begreiflich zu machen, zumal da es sich hier doch nicht um eine allgemeine Eisbedeckung handelt, die sich vom Pole aus etwa bis zum 45. Breitengrade erstreckte, sondern vielmehr um Erscheinungen lokaler Art, wenn auch immerhin von sehr erheblicher Ausdehnung,

Von dem Zeitpunkte an, wo die äufsere Erdrinde nicht mehr in erheblichem Mafse dem Einflusse der intensiven Wärme des Erdinnern ausgesetzt war, und die Sonne als die vornehmste Wärmequelle in die Erscheinung trat, mufsten auf der Erdoberfläche klimatische Zonenunterschiede von der Art hervortreten, wie sie durch das Stellungsverhältnis der Sonne zur Erde bedingt sind. Es enstanden dann in den polwärts gelegenen Gegenden beider Erdhälften gröfsere Eismassen, die auch auf der nördlichen eine ungemeine Ausdehung erreichen konnten,

wenn daselbst zu jener Zeit eine Bedeckung mit Wasser vorwaltete und die Atmosphäre noch viel reicher an Wasserdunst und daher auch für die Strahlen der Sonne weniger durchdringlich war. Ferner ist ja im Hinblick auf die Lage der Schneelinie längst bekannt (Nr. 38), dafs der in der kälteren Jahreszeit gefallene Schnee in der wärmeren um so weniger vollständig wegschmelzen kann, je gleichförmiger sich die Wärme auf die verschiedenen Jahreszeiten verteilt und je geringer demgemäfs die Sommerwärme ist. Dabei kann die mittlere Jahreswärme über 0° liegen, Indessen fanden ausgedehntere partielle Hebungen gewifs auch damals noch statt, und demzufolge auch Änderungen der Temperaturverhältnisse auf der Erdoberfläche, wobei man zu beachten hat, dafs Veränderungen in der Verteilung des Festen und Flüssigen auch von Veränderungen der Luft- und Meeresströmungen begleitet sein müssen. Schon Dove*) hat darauf hingewiesen, dafs, wenn die festen Massen sich nach einander aus ihrer flüssigen Bedeckung erhoben, als Folge solcher Veränderungen sich auch die atmosphärischen Verhältnisse wesentlich anders gestalten mufsten, und dafs dabei auch die Stelle, an welcher sich die feste Masse erhob, von der gröfsten Bedeutung gewesen sein müsse. Im allgemeinen mufs sich aber die Temperatur der ganzen Erdoberfläche bei jeder Vermehrung des festen Areals erhöht haben. Übrigens konnten die wechselnden Senkungen und Hebungen fester Massen und die damit verknüpften Veränderungen des Verhältnisses zwischen Land und Meer ein wiederholtes Vorschreiten und einen wiederholten Rückzug der Eismassen bewirken.**)

Neuerdings hat der norwegische Botaniker Axel Blytt***) im Hinblick auf die Verteilung der Flora es als sehr wahrschein-

*) Über Eiszeit, Föhn und Scirocco. 1867. S. 1 ff., 6 ff.

**) In anbetracht der Eiszeit vgl. ferner Wojeikoff: Verhandl. der Ges. für Erdkunde zu Berlin, Bd. 7 S. 151; Penck, Die Vergletscherung der deutschen Alpen, ihre Ursache, periodische Wiederkehr und ihr Einfluſs auf die Bodengestaltung. Leipzig 1882; Sart. v. Waltershausen, Untersuchungen über das Klima der Gegenwart und Vorwelt etc. Haarlem 1865; v. Dücker, Die Eisperiode in Europa. Minden 1881.

***) s. Botanische Jahrbücher, herausg. von Engler, Bd. II; M. Alsberg in „Das Ausland", Stuttgart 1885. Nr. 43 f.

lich erachtet, daſs während der nacheiszeitlichen (postglacialen) Periode im nördlichen Europa nicht unerhebliche klimatische Schwankungen stattgefunden haben, Schwankungen, welche in einem Wechsel von relativ trocknen und relativ feuchten Klimaten bestanden. Bezüglich der Ursachen dieses Wechsels, den Blytt als einen periodischen ansieht, denkt derselbe an die Verschiebung der Nachtgleichepunkte, welche die im nordatlantischen Ocean herrschenden Meeresströmungen beeinflussen soll. Die Veränderungen der letzteren bedingen dann Veränderungen in den klimatischen Verhältnissen des nördlichen Europas.

Wertvolle Schriften aus dem Verlage von

H. W. Schmidt in Halle a/S.

Cantor, M., Mathematische Beiträge zum Kulturleben der Völker. M. 4 Taf. 1863. 9 Mk.

Grunert's Archiv spricht sich hierüber in einer Kritik u. a. wie folgt aus:

„Und wir glauben in der That, dafs kein Leser das vorliegende Buch, in welchem der Herr Verfasser eine grofse historische Gelehrsamkeit und Belesenheit entwickelt, ohne vielfache Belehrung und ohne den Gewinn mancher neuen Aufschlüsse aus der Hand legen wird, weshalb wir also recht sehr auf dasselbe aufmerksam machen."

Inhalt: Kap. I. Die Egypter. II. Die Babylonier. III. Die Chinesen. IV. Die Inder. V.—VII. Leben, Geometrie und Arithmetik des Pythagoras. VIII. Die Zahlzeichen der Griechen. IX. X. Das Rechenbrett. XI. Die Zahlzeichen der Römer. XII. Römische Mathematiker. XIII. Die Werke des Boethius. XIV. XV. Die Handschrift E. Multiplikation. Division. Minutien. XVI. Pythagorische Zeichen. XVII. Die Zahlzeichen der Araber. XVIII. Arabische Rechenkunst. XIX. Isidor, Beda, Alcuin. XX. Odo von Clüny. XXI. XXII. Gerbert's Leben und Mathematik. XXIII. Abacisten und Algorithmiker. XXIV. Leonardo von Pisa.

Die „Europa" sagt am Schluss einer gröfseren Kritik:

„Dieses Werk, wozu der Stoff mit grofsem Fleifs gesammelt und mit gediegener Kenntnis und klarer Beurteilung verarbeitet ist, wird nicht blos Mathematikern, sondern für Jeden, der sich mit der Kulturgeschichte der Völker beschäftigt, eine interessante Lektüre sein."

Als Prämiengeschenk und zur Einverleibung in Bibliotheken von Gymnasien, Realschulen etc. wird dies Werk sehr geeignet gefunden und dazu oft verwandt.

Cantor, Prof., histor. Notizen über die Wahrscheinlichkeitsrechnung. 1874. 4. 60 Pf.

Libri, Guill., **histoire des sciences mathématiques** en Italie, depuis la renaissance des lettres jusqu'à la fin du XVII^e^ siècle. 4 vls. deuxième édition. 1865. 17 Mk.

M. E. Bary's neue physikalische Probleme. Aufgabensammlung für die oberen Classen höherer Lehranstalten, Gymnasien, Realschulen, sowie für Studirende und Lehrer der Mathematik u. Physik. Von Dr. F. A. Korschel. Mit 3 Kpftfln. 1857. 3 Mk. 60 Pf.

Inhalt: Beispiele von Problemen, die sich ohne Hülfe der Mathematik lösen lassen. Physikalische Probleme, die a) durch Arithmetik, b) durch Geometrie, c) durch die Algebra, d) durch die Trigonometrie, e) durch geometrische Oerter, f) durch empirische Formeln, g) durch Infinitesimal-Rechnung gelöst werden; Probleme aus der Statik, Dynamik, Hydrostatik und Aerostatik, Wärmelehre und aus der Optik.

Die „Oesterreich. Unterrichts-Zeitung" sagt hierüber:

„Diese Schrift zeichnet sich durch ihre eigentümliche Einrichtung sowie durch passend gewählte interessante und seltenere Aufgaben aus und verdient daher lebhafte Empfehlung."

Suchsland, E., Die gemeinschaftliche Ursache der elektrischen Meteore und des Hagels. 1886. 1 M. 20 Pf.

Inhalt: Chronologische Aufführung der bis Januar 1886 bekannten Erklärungsversuche der Luft- und Gewitterelektricität, Gruppierung der Theorieen, Neue Erklärung derselben, Anwendung der neuen Theorie zur Erklärung von Erscheinungen, welche mit den bisherigen Theorieen nicht in Einklang gebracht werden konnten. Kritik der neuen Theorie.

Mathematische und physikalische

Geographie

nebst

Chronologie.

Bearbeitet

von

Dr. Wiegand, Dr. Cornelius und Dr. v. Schmöger.

Drei Theile.

Dritter Theil:

Chronologie.

Halle,

Druck und Verlag von H. W. Schmidt.

1854.

Grundriss

der christlichen

Zeit- und Festrechnung

in ihrer Entwicklung

und gegenwärtigen Gestaltung,

nebst

einer vollständigen Darstellung der Gauss'schen Osterformel

von

Dr. *Ferdinand von Schmöger*,

Professor und Conservator am K. Lyceum und Lehrer an der K. Kreis-landwirthschaft- und Gewerbschule zu Regensburg, Mitglied der K. Bayer. Akademie der Wissenschaften, des pharmaceutischen Vereins für Bayern, der naturforschenden Gesellschaft in Halle, der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Erlangen u. a. g. G.

Mit Bewilligung

des bischöflichen Ordinariates Regensburg.

Halle,

Druck und Verlag von H. W. Schmidt.

1854.

Vorwort.

Bei meinen Vorlesungen über mathematische Geographie gebrauche ich den trefflichen von Hrn. Dr. *August Wiegand* herausgegebenen Grundriss (III. Aufl. Halle 1851). Es reichen jedoch die darin enthaltenen *chronologischen* Notizen für mein specielles Bedürfniss nicht aus, und ich habe deshalb auch Materialien benützt, die von mir nach und nach aus Originalwerken gesammelt worden waren. Ueberzeugt aber, dass ausserhalb meines amtlichen Wirkungskreises Viele zu finden sind, denen eine kurze und deutliche Belehrung über dasjenige, was im Kalender vorkömmt, wünschenswerth ist, ordnete ich das Vorhandene zu einem Ganzen in diesem Büchlein, das zwar für den Fachgelehrten nichts Neues, dagegen in einem kleinern Raume, als gewöhnlich der Fall ist, Alles enthält, was in dieser Beziehung jeder gebildete Mann und insbesondere der, welcher Theologie studirt, wissen soll.

Den geistlichen Herren Kollegen, welche mich bei dieser Arbeit, namentlich für den letzten Abschnitt, freundlichst unterstützt haben, erstatte ich hiemit öffentlich meinen herzlichsten Dank.

Im September 1853.

Der Verfasser.

Uebersicht des Inhaltes.

Erstes Kapitel.

Der Tag §. 2—6.

Der Monat §. 7—14.

Das Jahr §. 15—33.

Zweites Kapitel.

Indictionen §. 35.

Sonnencyklus §. 36—43.

Mond- und Epactencyklus §. 44—57.

Drittes Kapitel.

Geschichtliches von der Osterrechnung §. 59—63.

Osterkreise:

der Alexandriner §. 64—67.

der Lateiner §. 68—70.

Ostercanon §. 71—73.

Gauss'sche Osterformel §. 74—82.

Viertes Kapitel.

Allgemeines über Perioden und Aeren §. 83—84.

Perioden §. 85—88.

Aeren §. 89—90.

Geburtstag Jesu §. 91.

Todestag Jesu §. 92.

Fünftes Kapitel.

Allgemein-Geschichtliches über die weitere Festrechnung §. 93—97.

Festrechnung der Katholiken:

Allgemeines §. 98—99.

Weihnachtskreis §. 100—103.

Osterkreis §. 104—105.

Pfingstkreis §. 106—107.

Zweite Abtheilung des Kirchenjahres §. 108—109.

Zahl der Sonntage im Jahre §. 110.

Uebrige Feste §. 111—115.

Festrechnung der Protestanten §. 116—117.

Festrechnung der Griechen §. 118—121.

Erstes Kapitel.

§. 1.

Zur Ausmessung der Zeit dienen die Zeiträume, in welchen die Sonne und der Mond zu gleichen Stellungen am Himmel zurückkehren. Diese Zeiträume sind zunächst der *Tag*, der *Monat* und das *Jahr*.

I. Der Tag.

§. 2.

Natürlicher Tag heisst die Zeit, während welcher die Sonne sich über unserm Gesichtskreise befindet, im Gegensatze der Nacht, während welcher die Sonne unter demselben verweilt. Der Zeitraum zwischen zwei auf einander folgenden obern Culminationen der Sonne oder zwei wahren Mittagen heisst der *wahre Sonnentag*; der *mittlere* dagegen ist die Zeit, in welcher sich der ganze Aequator und noch 59′ 8½″, also 360° 59′ 8½″ durch den Meridian eines Ortes schieben.

§. 3.

Künstlicher Tag, und zwar entweder *der bürgerliche* oder der *kirchliche*, sind Zeiträume, die einen natürlichen Tag oder eine solche Nacht, oder Theile derselben als ein Ganzes, umfassen, wie es die Verrichtungen des bürgerlichen Lebens oder die Gebote der Kirche nöthig machen. Die Christen aller Länder zählen die Tage von Mitternacht zu Mitternacht und geben ihnen dermal meistens die Dauer eines mittlern Sonnentages, hin und wieder aber noch die Dauer eines wahren Sonnentages; jedenfalls rechnen sie

zwölf gleiche Stunden von Mitternacht bis Mittag und eben so viele von Mittag bis Mitternacht, die jedoch nur im ersten Falle an einem Tage so lang als an einem andern sind. (Die Astronomen zählen von Mittag zu Mittag in einer ununterbrochenen Reihe von 24 gleichen Stunden nach mittlerer Sonnenzeit oder nach Sternzeit.) Ebenfalls von Mitternacht angefangen zählt die Kirche den Tag in Bezug auf Beobachtung der Fasten, Abbetung des Breviers und Haltung des übrigen Gottesdienstes, wiewohl sie die Festtage in der kirchlichen Feier schon mit der Vesper des Vorabends beginnt.

§. 4.

Obwohl die Astronomen der alten Völker und insbesondere die chaldäischen Sternkundigen in Babylonien die Eintheilung des Tages in 24 gleiche Stunden, welche später bei den Römern *horae aequinoctiales* hiessen, kannten, so galt dieselbe keineswegs für den bürgerlichen Tag. Jene Völker des Orients, die ihre Zeitrechnung von den Chaldäern erhielten, zählten einen solchen als das aus einem natürlichen Tage und der darauf folgenden natürlichen Nacht bestehende Ganze, und theilten den einen wie die andere in je 12 gleiche Theile, welche offenbar in den verschiedenen Jahreszeiten von ungleicher Dauer sein mussten. Derselbe Gebrauch findet sich bei den Römern, bei denen sich jedoch die Theile einer natürlichen Nacht auf zwei bürgerliche Tage vertheilten, weil sie, wie die alten Aegypter, diese um Mitternacht anfingen; sie nannten solche Stunden von veränderlicher Dauer *horae temporales*.

Wenn jedoch ein Volk seine Zeit nach dem Monde eintheilte, dessen Sichel zuerst in der Abenddämmerung sichtbar wird, so musste es darauf kommen, den Tag nicht mit dem Auf-, sondern mit dem Untergange der Sonne zu beginnen. Diess war der Fall bei den Griechen, Macedoniern und den vom Alexander d. Gr. unterjochten asiatischen Völkern, so wie bei den Hebräern (vor dem Jahre 586 a. Æ. V., d. h. 586 vor der gemeinen christlichen Zeitrechnung), und ist noch der Fall bei den

Arabern und den Mohammedanern überhaupt. Hiemit blieb immer die obenerwähnte Eintheilung der natürlichen Tage und Nächte in Verbindung, bei den Juden nach dem Jahre 586 a. Æ. V.) auch dann noch, als die Pharisäer den Anfang des Tages auf einen Zeitpunct zwischen 3 und 5 Uhr Nachmittags (nach unserer Zählungsweise) anberaumt hatten, bis sie um das Jahr 358 Æ. V. anfingen, nach durchaus gleich langen Stunden wie die Christen zu zählen und den Tag um 6 Uhr Abends zu beginnen.

§. 5.

Bei den Hebräern und Juden findet man wenigstens seit dem Jahre 1900 a. Æ. V. noch eine andere Eintheilung des natürlichen Tages und der Nacht, die auch bei den Römern gebräuchlich war. Sie theilten den Tag in 4 Zeiträume, die ebenfalls Stunden hiessen, nämlich: *hora prima*, die ersten drei Stunden nach Sonnenaufgang; *hora tertia*, von der vierten Stunde bis Mittag; *hora sexta*, von der siebenten Stunde bis zur neunten; *hora nona*, die letzten drei Stunden bis zum Sonnenuntergang. Die natürliche Nacht zerfiel in vier Nachtwachen: *vigilia prima*, die ersten drei Stunden nach Sonnenuntergang; *vigilia secunda*, die nächsten drei Stunden bis Mitternacht; *vigilia tertia*, die ersten drei Stunden nach Mitternacht; *vigilia quarta*, die letzten drei Stunden vor Sonnenaufgang. Der bürgerliche Tag der Römer fing demnach zugleich mit der *vigilia tertia* an. — Die *Primae*, *Tertiae*, *Sextae* und *Nonae* kommen noch im Breviere der römisch-katholischen Kirche vor.

§. 6.

Waren die Abtheilungen des Tages und der Nacht bei den Alten wie immer geordnet, so geschah ihre Feststellung durch unmittelbare Beobachtung des Standes der Sonne und der Sterne gegen irdische Gegenstände und mittelst der Wasseruhren, später auch mittelst der Sonnenuhren, welche von den Babyloniern zu den Griechen und um das Jahr 290 a. Æ. V. nach Rom gekommen waren, und aus der Richtung und Länge des Schattens an einem Gnomon. Die

Wasseruhren waren unsern Sanduhren ähnlich; ihre Ausflussöffnung wurde gemäss der verschiedenen Tages- und Nachtlänge mit Wachs regulirt; *Ctesibius* aus Alexandrien verbesserte dieselben. Eine gleichförmige Eintheilung der Zeit wurde erst durch die gegen das 12. Jahrhundert Æ. V. erfundenen Räderuhren möglich; dennoch war die ältere hin und wieder, z. B. in Nürnberg, noch im 17. Jahrhundert gebräuchlich; gleichwie es dermal eine Anomalie ist, dass die Italiener den Tag $^1/_2$ oder $^3/_4$ Stunden nach Sonnenuntergang anfangen und 24 Stunden bis zum nächsten Untergange zählen.

Als Zeitpunct für die Regulirung der Uhren gilt jetzt gemeiniglich der wahre Mittag, der am genauesten an Orten, wo sich Sternwarten befinden, auf diesen beobachtet und weiter signalisirt wird, übrigens auch dadurch bestimmt werden kann, dass man an einer Sonnenuhr oder an einer Mittagslinie den Augenblick der obern Culmination der Sonne beobachtet und für denselben die Uhr auf diejenige Zeit einstellt, welche in den bessern Kalendern, meistens unter dem Namen *Zeitgleichung*, für jeden Tag des Jahres vorkommt. Die Mittagslinie erhält man durch Markirung gleicher Schattenlängen an einem Tage und Halbirung des von ihnen eingeschlossenen Winkels. Auch *Brandeggers* Sextant leistet, jedoch in anderer Weise, gute Dienste.

II. Der Monat.

§. 7.

Nach dem Wechsel von Tag und Nacht ist der Mondwechsel die auffallendste Erscheinung am Himmel, deren regelmässige Wiederkehr sich leicht bemerklich macht, so dass schon in den ältesten Zeiten die *Mondmonate* in Gebrauch gekommen seyn können, und zwar als die von den Chronologen „*Erleuchtungsmonate*" genannten Zeiträume. Ein solcher ist die Zeit zwischen zwei auf einander folgenden ersten Phasen des Mondes, und diese Phase ist die am frühesten nach dem Neumonde erfolgende Erscheinung der Mondsichel in der Abenddämmerung. Ein solcher Monat konnte jedoch nicht immer von derselben Dauer seyn;

denn wenn auch die erste Phase in der Regel einen Tag nach dem Neumonde eintritt, so kann diess zufolge der verschiedenen Lage der Ekliptik gegen den Horizont auch um einen bis zwei Tage später erfolgen. Ueberhaupt ist es nicht möglich, dass sich dieselbe, wie die Talmudisten behaupten, auf den nahen Bergen Jerusalems immer schon sechs Stunden nach der Conjunction gezeigt habe; vielmehr scheint gerade die ungleiche Dauer der Erleuchtungsmonate, mehr als das Hinderniss eines trüben Wetters, die Ursache gewesen zu sein, dass die Juden bei ihrer gesetzlichen Bestimmung des Neulichts nicht bloss von der unmittelbaren Beobachtung der ersten Phase, sondern auch von andern empirischen Hülfsmitteln Gebrauch machten. Man findet z. B. in *J. Lightfoot* Opera Tom. II. Roterdami 1686. pag. 142 die aus dem Talm. Babyl. Rosch Hashannah cap. 1. hal. 8. entlehnte und sich auf den Praeses Rabban Gamaliel beziehende Stelle: „Dum Jabnae sedit, adeo accurate novi„lunia speculatus est, ut variae lunae phases parieti pin„gendas curavit, et cum quis novilunii nuncium ei primo „attulerit, istuc cum adduxit interrogans, qualem phasin vi„disti, hanc, vel illam, vel alteram?" — Jedenfalls aber wurde die beobachtete erste Phase anfangs durch Signalfeuer, die man auf den Bergen anzündete, und später durch ausgesandte Boten bekannt gemacht. Auf ähnliche Weise mag wohl überall verfahren worden seyn, wo Erleuchtungsmonate in Geltung waren. Hiefür spricht auch das bei den alten Römern übliche Ausrufen des Neulichtes. Einer der jüngern Priester beobachtete nämlich zur Zeit desselben in der Abenddämmerung die Mondsichel und beurtheilte aus ihrer Gestalt, wie viele Tage bis zu dem neunten Tage vor dem Vollmonde verfliessen; eben so vielmal rief er dann: „Ich rufe Neulicht!" (§. 26.)

§. 8.

Wurde aus einer grössern Anzahl von Erleuchtungsmonaten das arithmetische Mittel genommen, so erhielt man näherungsweise die Dauer des *synodischen Monats*, worunter eigentlich die Zeit zwischen zwei Conjunctionen des Mondes

und der Sonne, d. i. zwischen zwei wahren Neumonden verstanden wird. So wie man die *wahren Neumonde* aus der ungleichförmigen Bewegung des Mondes in einer veränderlichen Ellipse mit astronomischer Genauigkeit bestimmen kann, berechnete man auch genauer die Dauer eines synodischen Monats dadurch, dass man den für einen und denselben Ort gültigen Zeitraum zwischen zwei sehr weit von einander entfernten Mondfinsternissen durch die vorläufig näherungsweise bestimmte Dauer eines Monats dividirte, und mit diesem Quotienten, d. i. der Anzahl der inzwischen verflossenen Monate die Division wiederholte. Man erhielt auf diese Weise in mittlerer Sonnenzeit

der synodische Monat = $29^d\ 12^h\ 44^m\ 2^s{,}7168$
= $29^d{,}530587$.

Hipparch, der von 160 bis 125 a. Æ. V. beobachtete, erhielt aus den von ihm und den Chaldäern beobachteten Mondfinsternissen um $0^s{,}62$ mehr. — Geht man von einem wahren Neumonde aus und zählt, als wäre die Bewegung des Mondes um die Erde eine gleichförmige, nach und nach jedesmal 29,53 Tage hinzu, so oft als nöthig die sich ergebenden Summen auf Monatstage reducirend, so erhält man die *mittlern (astronomischen) Neumonde*. Fällt z. B. der letzte wahre Neumond eines Jahres auf den 26. December um Mitternacht, so hat man $26 + 29{,}53 - 31 = 24{,}53$; also den ersten Neumond des folgenden Jahres am 25. Januar $12^h{,}7$ nach Mitternacht oder 42^m nach Mittag; den zweiten, weil $24{,}53 + 29{,}53 - 31 = 23{,}06$ ist, am 24. Februar um 1^h 26^m Morgens.

§. 9.

Der *bürgerliche Mondmonat* kann den Bedürfnissen des gemeinen Lebens gemäss nur aus ganzen Tagen bestehen; deshalb findet man schon frühzeitig bei den alten Völkern abwechselnd volle und hohle Monate zu 30 und 29 (im Durchschnitte zu 29,5) Tagen. Es konnte daher bei den Hebräern kein grosser Irrthum entstehen, wenn sie nach einer richtig beobachteten ersten Phase die Monate in dieser Abwechslung auf einander folgen liessen. Doch war die

Möglichkeit eines solchen Irrthums Ursache, dass sie alle wichtigen Feste durch eine Vor- oder Nachfeier verdoppelten, je nachdem dabei eine Verspätung oder Verfrühung geschehen zu seyn schien; eine Einrichtung, die sich bis jetzt erhielt, ungeachtet dass seit 189 Æ. V. die jüdischen Monate nach der von *Hipparch* angegebenen Dauer fest geordnet sind. Auch die ältern *macedonischen* (a. Æ. V.) und die *attischen* Monate waren bürgerliche Mondmonate, mit der ersten Phase oder der *Νουμηνία* angefangen; Dauer und Namen der Macedonischen kamen schon durch Alexanders Heereszug über ganz Vorderasien bis nach Babylon hin. Auch in der christlichen Festrechnung werden Mondmonate im Wechsel von 30 und 29 Tagen angenommen; die sich dabei mit Beziehung auf den Mondcyklus (§. 44.) ergebenden Tage der Neumonde heissen kurzweg die *cyklischen* oder *kirchlichen* Neumonde. Ihre Berechnung wird später (§. 48. 51.) gelehrt werden.

§. 10.

Der *astronomische Sonnenmonat* ist die Zeit, welche die Sonne braucht, um in ihrer scheinbaren Bewegung ein Zeichen der Ekliptik zurückzulegen. Diese Zeit beträgt für das Zeichen

Widder	30^d	13^h	Waage	30^d	5^h
Stier	30	1	Scorpion	29	20
Zwillinge	31	—	Schütze	29	12
Krebs	31	11	Steinbock	29	10
Löwe	31	6	Wassermann	29	15
Jungfrau	30	21	Fische	30	—

also im Durchschnitte $30^d\ 5^h,5$ mittlerer Sonnenzeit.

Deshalb sind die *bürgerlichen* Sonnenmonate schon frühzeitig zu 30 ganzen Tagen gerechnet worden, z. B. bei den alten Aegyptern, dann bei den Macedoniern und den von diesen unterjochten Völkern, seitdem sie unter die Herrschaft der Römer gekommen waren. Diese Form der ägyptischen Monate war schon zu den Zeiten Nabonassars (747 a. Æ. V.) im babylonischen Reiche üblich, wurde in der *alexandrinischen* Zeitrechnung beibehalten, und wird noch heut zu Tag von den koptischen und abessini-

schen Christen gebraucht. Man findet nämlich seit dem 1. Jahrhundert Æ. V. in Aegypten eine der damaligen römischen analoge Zeitrechnung, die man zum Unterschiede von der *ältern ägyptischen*, die noch neben ihr bestand und die *äthiopische* hiess, die *alexandrinische* nannte, weil sie, unter den Griechen in Alexandrien entstanden, sich von dort zugleich mit der christlichen Religion über das ganze Land verbreitet hatte.

§. 11.

Die jetzt bei der Mehrzahl der christlichen Völker üblichen Namen der bürgerlichen Sonnenmonate stammen von den Albanern und Römern her: *Januar, Februar, März, Mai* und *Juni* von Janus, Februus, Mars, Maia und Juno, denen an diesen Zeitpuncten geopfert wurde; *April* von aperire, Eröffnung des Erdbodens; *September, October, November* und *December* von denjenigen Stellen, welche sie in der damaligen Reihenfolge der Monate eingenommen hatten; *Juli* seit 43 a. Æ. V. statt Quintilis zur Ehre des am 12. Quintilis d. J. 100 a. Æ. V. geborenen Julius Caesar; *August* seit dem Jahre 8 Æ. V. statt Sextilis zur Ehre des Octavianus Augustus, dem sich am 1. Sextilis d. J. 30 a. Æ. V. Alexandria ergeben hatte. Die deutschen Namen dagegen, als Schnee-, Thau-, Frühlings- (auch Hornung von Hor, Morast), Knospen-, Wonne- oder Blüthen-, Sommer-, Wärme-, Ernte-, Herbst-, Wein-, Nebel- und Wintermond stammen von Karl d. Gr. her. Manchmal, besonders bei den Kirchenscribenten, liest man auch Mensis purgatorius, novarum, fenalis oder magnus und messionum der Reihe nach für Februar, April, Julius und August. Die *ägyptischen* Monate, wie sie in die alexandrinische und koptische Jahresrechnung übergingen, sind folgende, wobei die eingeklammerten Zahlen für die ägyptischen und julianischen Schaltjahre (§. 18.) gelten.

1. Thoth 29. (30.) Aug.
2. Phaophi 28. (29.) Sept.
3. Athyr 28. (29.) Octbr.
4. Chojak 27. (28.) Novbr.
5. Tybi 27. (28.) Dec.
6. Mechir. 26. (27.) Jan.
7. Phamenoth 25. (26.) Febr.
8. Pharmuthi 27. März.
9. Pachon 26. April.
10. Pagni 26. Mai.
11. Epiphi 25. Juni.
12. Mesori 25. Juli.

§. 12.

Der vierte Theil des synodischen Monats in Ganzen ausgedrückt beträgt sieben Tage. Dieser Zeitraum war schon im grauesten Alterthume bekannt. Die Hebräer erhielten ihn (schebua von scheba, sieben) durch das Gebot, dass jeder siebente Tag ein Ruhetag sein sollte; auch bei den alten Aegyptern, Peruanern und Chinesen, so wie bei den alten Deutschen und den Arabern war derselbe gebräuchlich. Von diesen letzteren kam er zu allen Völkern, die Mohammed's Religion annahmen, von den Juden aber zu den Christen, bei denen er ἑβδομάς, septimana, semaine oder *Woche* von dem gothischen Worte vikô, das bei *Ulfilas* so viel als Ordnung, regelmässiger Wechsel bedeutet, heisst. Wenn jedoch die jüdische Woche mit dem Sabbath schliesst, so beginnt dagegen die christliche mit dem Tage des Herrn. — Eine der siebentägigen Woche sich nähernde Einrichtung hatten die Griechen und von 1793 bis 1806 die Franzosen (§. 34.) unter dem Namen der Dekaden, und die Römer unter dem Namen der Nundinae (der je achte Tag), weil der römische Landmann sieben Tage lang arbeitete und am achten, dem Markttage, zur Stadt ging. Diese Nundinae wurden erst durch *Constantin d. Gr.* (röm. Kaiser 306 bis 337) abgeschafft, indem er die Markttage auf die siebenten Tage verlegte; jedoch war schon am Schlusse des 2. Jahrhunderts die siebentägige Woche allgemein dem römischen Volke bekannt.

§. 13.

Die Benennung der einzelnen *Wochentage* hat ihren Ursprung theils bei den alten Aegyptern, von denen sie auf die Römer überging, theils in dem Götzendienste der alten Deutschen, theils in dem Gebrauche der Kirche. Bei den Aegyptern war es üblich, die Wochentage nach den damals für Planeten geltenden sieben Himmelskörpern in einer auf astrologischen Gründen beruhenden Anordnung zu benennen. Sie liessen nämlich diese Gestirne in den einzelnen Tagesstunden nach folgender Ordnung regieren:

Stunde.	Sonntag.	Montag.	Dienstag.	Mittwoch.
1.	Sonne.	Mond.	Mars.	Mercur.
2.	Venus.	Saturn.	Sonne.	Mond.
3.	Mercur.	Jupiter.	Venus.	Saturn.
4.	Mond.	Mars.	Mercur.	Jupiter.
5.	Saturn.	Sonne.	Mond.	Mars.
6.	Jupiter.	Venus.	Saturn.	Sonne.
7.	Mars.	Mercur.	Jupiter.	Venus.
8.	Sonne.	Mond.	Mars.	Mercur.
15.	Sonne.	Mond.	Mars.	Mercur.
22.	Sonne.	Mond.	Mars.	Mercur.
23.	Venus.	Saturn.	Sonne.	Mond.
24.	Mercur.	Jupiter.	Venus.	Saturn.

u. s. f.

Vom Regenten der ersten Tagesstunde erhielt der Tag seinen Namen; der Regent der ersten Jahresstunde war Beherrscher des ganzen Jahres. Ueberhaupt aber haben die einzelnen Wochentage folgende Benennungen und Zeichen.

Sonntag ☉, dies solis, dies dominica, italienisch domenica, französisch dimanche; Feria I.;

Montag ☾, dies lunae; Feria II.;

Dienstag ♂, dies Martis, englisch Tuesday von Thus, dem Kriegsgotte der alten Deutschen, der bei dem gemeinen Volke auch Erich hiess, weshalb bei diesem im Oberdeutschen noch jetzt Erichstag, Ertag, Erchtag, Feria III.;

Mittwoch ☿, dies Mercurii, Mitte der Woche; Feria IV.;

Donnerstag ♃, dies Jovis, englisch Thursday, d. i. der Tag des nordischen Donnergottes Thur; Feria V.;

Freitag ♀, dies Veneris, englisch Friday von Freya, der nordischen Venus; Feria VI.;

Sonnabend ♄, dies Saturni, auch Samstag vom altdeutschen Sambaztac (Sabbath), italienisch sabbato, französisch samedi; Feria VII. oder Feria ante dominicam.

§. 14.

Die Bezeichnung der einzelnen Monatstage durch Zahlen war im Alterthume die gebräuchlichste, und kömmt schon im 7. und 8. Kapitel der Genesis vor. Die Griechen aber zählten die Tage der letzten Dekade eines jeden Monats rückwärts, und dieses Rückwärtszählen scheint von ihnen

zu den Römern gekommen zu seyn, die es auf jede der drei Abtheilungen ihrer Monate ausdehnten, wie weiter unten erklärt werden wird (§. 26.). Die römische Datirungsweise wurde bei allen diesem Staate unterworfenen Völkern und bei den Christen, vorzüglich den abendländischen, die übliche und blieb es lange Zeit aus dem Grunde, weil das Latein die Sprache der Gelehrten und der Kirche geworden war. Sie kam nur sehr allmählig ausser Gebrauch, indem man anfänglich den Monatstag nach einem Heiligen oder Feste bezeichnete, vorzüglich aber seitdem man anfing, in den neuern Sprachen zu schreiben und die Monatstage hinter einander fortzuzählen; doch soll diess letztere schon Papst *Gregor d. Gr.* (regierte 590 bis 604) gethan haben. Dessen ungeachtet musste noch i. J. 1350 König *Peter von Arragonien* einen landesherrlichen Befehl zu Gunsten der neuern Datirung ergehen lassen.

III. Das Jahr.

§. 15.

Sonnenjahr ist im Allgemeinen die Zeit, in welcher die Sonne zu derselben Stellung am Himmel zurückkehrt, oder vielmehr die Erde ihren Lauf um die Sonne einmal vollendet hat. Für die menschliche Gesellschaft ist der Zeitraum zwischen zwei auf einander folgenden Frühlingsnachtgleichen oder Herbstnachtgleichen, Sommer- oder Wintersolstitien am wichtigsten, weil nach dessen Verlauf die davon abhängenden Veränderungen in der Natur sich wiederholen, und gleiche Phänomene der Tageslänge, der Wärme und Kälte, des Pflanzenwachsthums u. s. w. eintreten. Ein solcher Zeitraum heisst insbesondere das *tropische* Jahr und wird gemessen durch die Zeit zwischen zwei nächsten Durchgängen der mittlern Sonne durch den Frühlingspunct, wobei diese 359° 59′ 10″ im Aequator zurückgelegt haben würde. Dieses Jahr schwankt innerhalb 10000 Wiederholungen zwischen seinen äussersten um $1^m,25$ von einander liegenden Grenzen und war i. J. 3040 a. Æ. V. am grössten. Im Mittel und in mittlerer Sonnenzeit ist jetzt

das tropische Jahr = $365^d\ 5^h\ 48^m\ 49^s{,}536$
= $365^d{,}24224$.

Die Bestimmung dieser Dauer war auch den mit weniger Hülfsmitteln ausgestatteten Beobachtern des Alterthums in grosser Schärfe möglich. Es konnte ihnen z. B. nicht entgehen, dass nach einem Zeitraume von 365 Tagen die Stellung der Sterne gegen die Sonne die nämliche sey. Eine solche Beobachtung, viele Jahre hindurch fortgesetzt, führte zu einem guten Resultate. So weiss man von den Aegyptern, dass ihnen bereits im 14. Jahrhundert a. Æ. V. mittelst des Frühaufganges des Sirius die Länge des Jahres = $365^1/_4$ Tagen bekannt war; von den Griechen, dass sie anfangs denjenigen Tag suchten, an dessen Mittag der Schatten eines Gnomons kürzer war als an dem vorhergehenden und nachfolgenden, worauf sie die Zeiten, welche von einem solchen Momente zum nächsten mehrmal verflossen waren, durch die Anzahl dieser Zwischenzeiten dividirten. Später suchten sie, weil zur Zeit der Nachtgleichen die Declination der Sonne sich schneller ändert als in den Solstitien, den Augenblick, wann die Sonne im Aequator stand, und deshalb die hintere Hälfte eines in dessen Ebene aufgestellten Ringes von der vordern ganz beschattet war, worauf sie, wie eben gesagt, rechneten. Dehnt man diesen Calcul von den ältern Beobachtungen bis auf die neuesten aus, welche letztern mit bessern Hülfsmitteln angestellt und darum genauer sind, so erhält man den vorhin angegebenen Werth.

§. 16.

Das *astronomische Mondjahr* umfasst 12 synodische Monate; mithin hat man in mittlerer Sonnenzeit

das astron. Mondjahr = $354^d\ 8^h\ 48^m\ 32^s{,}6016$
= $354^d{,}367044$;

mithin ist es um $10^d\ 21^h\ 0^m\ 16^s{,}934 = 10^d{,}882956$ kürzer als das tropische Jahr.

§. 17.

Die *bürgerlichen* Jahre, in denen nur ganze Tage vorkommen können, gründen sich entweder auf das tropische

oder auf das Mond-Jahr oder auf beide zugleich, und werden mit diesen durch Einschaltungen in Uebereinstimmung gehalten. Man macht folgende Unterscheidungen.

1. *Wanderndes*, bewegliches, Sonnen- oder Mondjahr heisst dasjenige, welches aus Mangel genügender Einschaltung von den Jahres-, d. i. Aequinoctial- und Solstitial-Puncten immer mehr abweicht und mit seinem Anfang allmählig alle astronomischen Jahreszeiten durchläuft.

2. *Festes*, gebundenes, unbewegliches Sonnen- oder Mondjahr ist dasjenige, dessen Jahreszeiten niemals von den astronomischen wegrücken, oder sich nur wenig innerhalb dieser letztern verschieben. Geschieht die Ausgleichung mit dem Himmel erst nach bedeutenden Zeiträumen, so wird das feste Jahr insbesondere ein *cyklisches* genannt.

§. 18.

Die Aegypter hatten zweierlei bürgerliche Sonnenjahre. Ihr *wanderndes* zählte 365 Tage ohne Einschaltung, nämlich 12 Monate von 30 Tagen, wonach 5 Ergänzungstage kamen. Weil aber
$365^d,24224 \times 4 = 1460^d\ 23^h\ 15^m\ 18^s$, und $365 \times 4 = 1460$ ist, so fing das Jahr der alten Aegypter alle 4 Jahre um mehr als $23^1/_4$ Stunden oder bürgerlich genommen um 1 Tag, mithin in 1460 Jahren um 365 Tage zu früh an. Dieses Jahr lag der am 25. Februar 747 a. Æ. V. beginnenden Zeitrechnung des babylonischen Königs Nabonassar (Belesus, Beladan) zum Grunde und war auch bei den Persern üblich. Seit dem Jahre 30 a. Æ. V. hatten die Aegypter auch ein *festes* Sonnenjahr, das jedoch erst i. J. 283 Æ. V. zur allgemeinen Geltung kam, und zwar die Monate mit ihrer Benennung, Ordnung und Tagessumme so wie das andere zählte, aber $365^1/_4$ Tage umfasste und deshalb alle vier Jahre einen Schalttag erhielt. Diese Einschaltung geschah immer in dem Jahre, welches dem römischen Schaltjahre (§. 25.) unmittelbar voranging, wo die Alexandriner ihr Jahr nicht am 29., sondern am 30. August anfingen. Man nannte dieses feste Sonnenjahr das *ägyptische Kaiser-* oder das *Alexandriner-Jahr* zum Unter-

schiede von dem wandernden oder *äthiopischen*. Es ist klar, dass der bewegliche Thot erst nach 1461 Jahren mit dem Tage des festen Jahres, von welchem er ausgegangen war, zusammenfallen konnte (§. 10.).

§. 19.

Ein *festes Sonnenjahr* hatten die alten Mexikaner (Azteken), nämlich 18 Monate von 20 Tagen, worauf 5 Ergänzungstage folgten, also im Ganzen 365 Tage; nach Ablauf von 52 Jahren wurden jedesmal 13 Tage eingeschaltet, wodurch eine mittlere Dauer des Jahres von $365\frac{1}{4}$ Tagen sich ergab; denn man hatte

52 Gemeinjahre von $365^d = 18980^d$

dazu 13

52 Jahre sammt Einschaltung $= 18993$

1 Jahr im Durchschnitte $365\frac{1}{4}$.

Das bürgerliche Jahr der Araber und Türken ist ein *wanderndes Mondjahr*. Sie zählen 6 Monate zu 30 und 6 zu 29 Tagen, mithin das Jahr zu 354 Tagen, d. i. um $8^h\ 48^m\ 32^s{,}6$ kürzer als das astronomische Mondjahr. Da nun dieser Unterschied in 30 Jahren sich bis auf $11^d\ 16^m\ 18^s$ anhäuft, so geben sie 11 Mal in einem solchen Zeitraume dem vorletzten Monat 30 statt 29 Tage. Weil aber auf diese Weise um $16^m{,}3$ zu wenig eingeschaltet wird, so durchläuft ihr bürgerliches Jahr nicht nur mit seinem Anfange das ganze Sonnenjahr, sondern eilt auch, indem $88{,}343 \times 16{,}3 = 1440^m = 1^d$ *ist*, dem astronomischen Mondjahr in 88×30 Jahren um 1 Tag voraus.

Die Syro-Macedonier hatten vor der Annahme der römischen Zeitrechnung ein *gebundenes Mondjahr*, das sie mittelst der Mondphasen und einer zeitweisen Einschaltung des 13. Monats festhielten (§. 9.).

§. 20.

Ein *festes Sonnen-Mondjahr* suchten die Griechen zu erreichen. Auch sie rechneten anfangs nach Einschaltungsmonaten, später nach wahren Neumonden: 594 a. C. führte *Solon* in Athen den regelmässigen Wechsel der Mo-

nate zu 30 und 29 Tagen ein. Um jedoch das Mondjahr mit dem Sonnenjahre in Uebereinstimmung zu bringen, schalteten die Athener in jedem dritten Jahre einen Monat von 30 Tagen ein, so dass im Durchschnitte 364 Tage auf ein Jahr kamen. Später gebrauchte man einen achtjährigen Schaltkreis, die *Octaëteris*, welcher von *Kleostratus* im 6. Jahrhundert a. Æ. V. so geordnet wurde, dass das 3., 5. und 8. Jahr einen Schaltmonat von 30 Tagen erhielt, wodurch das Jahr im Mittel $365\frac{1}{4}$ Tage erreichte; denn es waren

5 Gemeinjahre von 354^d	=	1770^d
3 Schaltjahre von 384	=	1152
8 Jahre zusammen	=	2922
1 Jahr im Durchschnitte	=	$365\frac{1}{4}$.

Ohne Zweifel von den Hebräern lernte *Meton* (432 a. Æ. V. die Uebereinstimmung zwischen 19 Mondjahren 7 Monaten oder 235 synodischen Monaten einerseits und 19 tropischen Jahren anderseits (§. 43.) kennen. Es ist nämlich in mittlern Sonnentagen

$29^d,530587 \times 235 = 6939^d,687945$
$365\ ,242240 \times\ 19 = 6939\ ,602560$
Unterschied $= 0\ ,085385 = 2^h\ 2^m\ 57^s,264$

d. i. eine Differenz, die damals leicht unbemerkt bleiben konnte. Er schlug deshalb einen Schaltkreis von 19 Mondjahren mit 7 Schaltmonaten von 30 Tagen in der Art vor, dass das 3., 5., 8., 11., 13., 16. und 19. Jahr 384 Tage haben sollten. Diess gab

12 Gemeinjahre von 354^d	=	4248^d
7 Schaltjahre von 384	=	2688
19 Jahre zusammen	=	6936
1 Jahr im Durchschnitte	=	$365\frac{1}{19}$.

§. 21.

Ein *festes Sonnen-Mondjahr* war das der Hebräer vom Anfange der Mosaischen Gesetzgebung her. Wahrscheinlich hatten schon die antediluvianischen Patriarchen ein solches; denn das chinesische Reich, dessen Stifter allem Anschein nach Noë war, hat noch jetzt eine ähnliche Jahresform.

Dieses jüdische Jahr zählte 12 Mondmonate, den 1., 2., 3. u. s. w. zu 30, die andern zu 29 Tagen, und wurde anfangs durch Einschaltung eines 13. Monats zu 30 Tagen, später auch durch Einschaltung einzelner Tage mit dem tropischen ausgeglichen.

Die älteste Einschaltung geschah nach einer sehr einfachen Regel. Das Jahr begann mit der ersten Phase des Monats Nisan oder Abib. Am 16. Tage dieses Monats, an dem Tage nach dem Passahfeste, mussten dem Herrn reife Gerstenähren dargebracht werden, und dann erst durfte die Ernte beginnen. Gegen das Ende des 12. Monats, der seit der babylonischen Gefangenschaft Adar hiess (früher hatten alle Monate, den ersten ausgenommen, nur die Ordnungszahlen als Namen), besichtigte man in den wärmern Gegenden des Landes die Saatfelder, um zu beurtheilen, ob die Gerste so weit gediehen sey, dass man mit Sicherheit hoffen durfte, zur Mitte des folgenden Monats reife Aehren opfern zu können. In diesem Falle begann man mit der nächsten ersten Phase das neue Jahr, widrigenfalls erhielt der Adar 30 statt wie gewöhnlich 29 Tage, und wurde ein 13. Monat von 29 Tagen, der zweite Adar oder der Veadar, eingeschaltet. Das auf diese Weise das Mondjahr mit dem Sonnenlaufe in Uebereinstimmung gehalten wurde, ergibt sich auf folgende Art. Die Gerste reift unter allen Getreidearten am frühesten und zwar in den wärmsten Gegenden Palästinas dermal etwa 14 Tage vor der Frühlingsnachtgleiche; es ist auch kein Grund vorhanden zu bezweifeln, dass dieses schon in jenen alten Zeiten der Fall gewesen sey. Somit fing das Jahr damals immer mit der ersten Phase bei der Frühlingsnachtgleiche an und wurde dadurch ein festes Sonnen-Mondjahr.

§. 22.

Als die Israëliten, zunächst von den Arabern (Ismaëliten) und Aegyptern, welche frühzeitig in der Himmelskunde sehr erfahren waren, sich astronomische Kenntnisse angeeignet hatten und diese cultivirten, mussten sie bald zur Kenntniss der oben (§. 20.) erwähnten Har-

monie zwischen 235 synodischen Monaten und 19 tropischen Jahren, mithin auch zu dem Versuche einer andern Einschaltungsmethode kommen. Es konnte ihnen dabei nicht entgehen, dass bei einem Schaltkreise von 19 Mondjahren, worunter zwölf zu 354 und sieben zu 384 Tagen sind, die bürgerlichen Jahre den tropischen vorauseilen. Denn man hat, genau gerechnet,

$$365{,}24224 \times 19 = 6939^d{,}60256$$
$$(354 \times 12) + (384 \times 7) = 6936{,}00000$$
$$\text{Unterschied} = 3{,}60256$$

eine Differenz, die nach $19 \times 3 = 57$ Jahren bis zu 10,80768 Tagen anwächst. Wenn auch die Rechnung der Israeliten minder genau war, so sahen sie doch, dass in drei Schaltkreisen 11 besondere Tage eingeschaltet werden mussten, und so entstanden die überzähligen Gemeinjahre von 355 Tagen. Sie hatten also

25 ordentliche Gemeinjahre	von	354^d	$= 8850^d$
11 überzählige Gemeinjahre	von	355	= 3905
21 Schaltjahre . .	von	384	= 8064
57 Jahre zusammen			= 20819
1 Jahr im Mittel	=	$365^d{,}245614$	= $365\frac{14}{57}$

mithin zu gross um $0^d{,}003374$. In jedem Schaltkreise war das 3., 6., 8., 11., 14., 17. und 19. Jahr ein Schaltjahr; die überzähligen Tage wurden vermuthlich dann eingereiht, wenn die Abweichung des cyklischen Jahres von dem tropischen besonders auffallend wurde.

§. 23.

Die vom Rabbi *Hillel* im Jahre 340 Æ. V. eingeführte *neujüdische* Jahresrechnung ist im Grunde die vorige, so weit sie damals noch aus Ueberlieferungen bekannt war; auch die neujüdischen Namen der Monate sind die nämlichen, wie die der alten Juden nach der babylonischen Gefangenschaft. Die Neuerungen jedoch sind folgende:

1) Moled, Geburt, heisst die Zeit, wann in der Regel der Mond in der ersten Phase oder nach der Conjunction in der Abenddämmerung wieder sichtbar wird;

2) Die Zeit von dem einen Moled zu dem nächsten ist

der Hipparch'sche Monat von 29 T. 12 St. 793 Chlaks oder Helakim, deren 1080 auf eine Stunde kommen;

3) Der Anfang des bürgerlichen Jahres war nicht mehr derselbe wie der Anfang des kirchlichen, d. i. der Nisan nach der Frühlingsnachtgleiche, sondern traf hinfür sechs Monate später auf den ersten Moled nach der Herbstnachtgleiche. Daher folgen seitdem die bürgerlichen Monate in anderer Weise auf einander, nämlich:

1. Tischri.	7. Nisan.
2. Marchevan.	8. Ijar.
3. Casleu, Kislew.	9. Sivan.
4. Thebet.	10. Tammuz.
5. Schebbat.	11. Ab.
6. Adar.	12. Elul.
*. Adar II., Veadar.	

4) Ob ein gegebenes Jahr der Juden ein gemeines oder ein Schaltjahr ist, lehrt die Division ihrer Jahreszahl (§. 84.) durch 19; vielmehr die Reste 3, 6, 8, 11, 14, 17 und 0 bezeichnen ein Schaltjahr.

5) Das Passah darf nicht auf einen Montag, Mittwoch oder Freitag fallen, und muss dennoch der 15. Nisan bleiben; eben so wenig darf der Neujahrstag auf einen Sonntag, Mittwoch oder Freitag kommen. Diese Beschränkungen führen zu einer sechsfachen Jahresform, nämlich:

I. *Gemeinjahr* von 12 Monaten;
   a. *ordentliches* von 354 Tagen, der erste Monat von 30, der zweite von 29 Tagen u. s. f. abwechselnd;
   b. *überzähliges* von 355 Tagen, der Marchevan mit 30 statt 29 Tagen;
   c. *verkürztes* von 353 Tagen; der Kislew mit 29 statt 30 Tagen.

II. *Schaltjahr* zu 13 Monaten;
   a. *ordentliches* von 384 Tagen, der Adar mit 30 statt 29, und der Veadar mit 30 Tagen;
   b. *überzähliges* von 385 Tagen, auch der Marchevan mit 30 Tagen;
   c. *verkürztes* von 383 Tagen, der Kislew mit 29 Tagen.

Die Berechnung des neujüdischen Kalenders geschieht am besten nach der von *Gauss* erfundenen und von *Cesy*

bewiesenen Methode, wie sie in Zach's monatl. Correspondenz für 1802 und in dessen Corresp. astron. Vol. 1 zu finden ist.

§. 24.

Die Ausbildung des *römischen* Jahres ergibt sich in folgender Uebersicht:

Jahr der alten Athener.	Jahr des Romulus.	Jahr des Numa.	Jahr der Decemvirn.	Jahr der Verwirrung.	Jahr des Julius Caesar.
April 30	März 31	Januar 29	Januar 29	Januar 29	Januar 31
Mai 29	April 30	März 31	Februar 23	Februar 23	Februar 28
März 30	Mai 31	April 29	Merked. 5	Merked. 23	März 31
Junius 29	Junius 30	Mai 31	Februar 31	März 31	April 30
Quintilis 30	Quintilis 31	Junius 29	März 29	April 29	Mai 31
Sextilis 29	Sextilis 30	Quintilis 31	April 29	Mai 31	Junius 30
Septemb. 16	Septemb. 30	Sextilis 29	Mai 31	Junius 29	Quintilis 31
October 30	October 31	Septemb. 29	Junius 29	Quintilis 31	Sextilis 31
Novemb. 30	Novemb. 30	October 31	Quintilis 31	Sextilis 29	Septemb. 30
Decemb. 30	Decemb. 30	Novemb. 29	Sextilis 29	Septemb. 29	October 31
304	I. Schaltm. 33	Decemb. 29	Septemb. 29	October 31	Novemb. 30
	II. Schaltm. 23	Februar 23	October 31	Novemb. 29	Decemb. 31
	300	Merked. 24	Novemb. 29	I. Schaltm. 34	355
		Februar 5	Decemb. 29	II. Schaltm. 33	
		355	355	Decemb. 29	
				445	

1) Das alte *albanesische* Jahr, bis 752 a. Æ. V. im Gebrauche, stimmte weder mit dem Monde noch mit der

Sonne überein, und wurde vermuthlich nach andern Erscheinungen am Himmel, etwa Auf- und Untergängen der Sterne, oder nach Beschäftigungen, welche die Jahreszeit erforderte, eingetheilt. Ob damit eine Einschaltung verbunden war oder nicht, weiss man nicht.

2) Auch das Jahr des *Romulus*, von 752 bis 717 a. Æ. V. im Gebrauche, war weder ein Sonnen- noch ein Mondjahr; die Monate mussten sich nothwendig aus einer Jahreszeit in die andere verschieben, weshalb von Zeit zu Zeit ausserordentliche Einschaltungen (neben den oben angegebenen zwei Schaltmonaten) vorkommen mussten, von denen man aber nichts Zuverlässiges weiss.

3) *Numa* führte i. J. 717 a. Æ. V. ein Mondjahr ein, und schaltete den Merkedonius alle zwei Jahre mit 22 und alle vier Jahre mit 23 Tagen ein, jedesmal nach dem 23. Februar. An diesem Tage nämlich wurde das letzte Fest im Jahre, das Fest des Grenzgottes Terminus gefeiert, und wahrscheinlich sollte der Abstand dieser Feier von den vorhergehenden Festen nicht geändert werden. Man hatte also

2 Gemeinjahre, von	355^d =	710^d
1 Schaltjahr von	377 =	377
1 Schaltjahr von	378 =	378
4 Jahre zusammen	=	1465
1 Jahr im Durchschnitte	=	$365\frac{1}{4}$.

Eine Folge hievon musste seyn, dass sich der Anfang des Jahres durch alle Jahreszeiten vorwärts schob. Dagegen sollte das *Collegium Pontificum*, welchem das Kalenderwesen anvertraut war, Fürsorge treffen, und kam dadurch auf den 24jährigen Schaltkreis, in welchem einmal 24 Tage aus dem Jahre hinweggelassen wurden, ohne jedoch ein besseres Resultat zu erhalten; denn es sind

12 Gemeinjahre von	355^d =	4260^d
6 Schaltjahre von	377 =	2262
6 Schaltjahre von	378 =	2268
24 Jahre zusammen	=	8790
diese um 24^d vermindert	=	8766
1 Jahr im Durchschnitte	=	$365\frac{1}{4}$.

4) Die *Decemviri* sollen verordnet haben, dass seit dem

J. 449 a. Æ. V. der Februar der zweite Monat im Jahre wurde.

5) Die *Pontifices* besorgten die Einschaltungen nicht in rechter Weise, sondern unterliessen sie manchmal oder nahmen sie nicht zu gehöriger Zeit vor, entweder aus Mangel an astronomischen Kenntnissen oder aus dem auf Seite 23 angegebenen Grunde. So kam es, dass sich i. J. 47 a. Æ. V. das römische Jahr um 67 Tage vom tropischen entfernt hatte. Deshalb verordnete *Julius Cæsar*, der sich lange in Aegypten aufgehalten hatte, mit Hilfe des ägyptischen Peripatetikers und Astronoms *Sosigenes* für den wissenschaftlichen und des Scriba *M. Flavius* für den technischen Theil dass dem römischen Jahre 46 a. Æ. V., dem ohnediess ein Merkedonius, mensis intercalaris oder intercalarius, von 23 Tagen zugehörte, noch 67 Tage in Form zweier Schaltmonate angefügt werden sollten. Er beabsichtigte zugleich, den Anfang seiner verbesserten Jahresrechnung auf den ersten Neumond nach dem kürzesten Tage, der Bruma, zu bringen. Berechnet man für den Meridian von Rom und das Jahr 46 a. Æ. V. das Wintersolstitium, dann für das Jahr 45 den ersten wahren und mittlern Neumond (§. 50), so findet man nach der Reihe

Wintersolstitium. 46. 24. December $0^h \cdot 9^m$ Morgens.
Wahrer Neumond. 45. 2. Januar 1 34 Morgens.
Mittlerer Neumond. 45. 1. Januar 6 16 Abends.

Julius Caesar nahm den mittleren Neumond, und den 25. December für das Wintersolstitium, letzteres ohne Zweifel aus ältern Beobachtungen. Demnach entspricht

dem römischen Monat des Jahres 46 a. Æ. V.	der wahre Anfang vom Jahre $\frac{47}{46}$ a. Æ. V.
1. Januar.	13. October.
1. Februar.	11. November.
1. Merkedonius.	4. December.
24. Februar.	27. December.
1. März.	1. Januar.
1. April.	1. Februar.
1. Mai.	2. März.
1. Junius.	2. April.
1. Quintilis.	1. Mai.

dem römischen Monat des Jahres 46 a. Æ. V.	der wahre Anfang vom Jahre $\frac{47}{46}$ a. Æ. V.
1. Sextilis.	1. Junius.
1. September.	30. Junius.
1. October.	29. Julius.
1. November.	29. August.
1. des I. Schaltmonats.	27. September.
1. des II. Schaltmonats.	31. October.
1. December.	3. December.
29. December.	31. December.

§. 25.

1) Mit dem 1. Januar 45 a. Æ. V. begann die Reihe der *julianischen* Jahre von $365\frac{1}{4}$ mittlern Sonnentagen oder 365 und 366 bürgerlichen Tagen. Die Einschaltung musste damit $\frac{1}{4} \times 4 = 1$ erreicht wurde, in jedem vierten Jahre geschehen; der Schalttag selbst wurde an die Stelle des Merkedonius zwischen Terminalia und Regifugium gesetzt. Nachdem aber das Jahr 45 sogleich als Schaltjahr, annus bissextus, genommen wurde, so wurden auch die Jahre 41, 37. . . . 5, 1 a. Æ. V. und die Jahre 4, 8, 12 . . . Æ. V. regelmässige Schaltjahre, überhaupt alle durch 4 ohne Rest theilbaren Jahre Æ. V.

2) Der *Fehler* des julianischen Jahres beträgt

$365{,}25 - 365{,}24224 = 0^d{,}00776 = 11_m\ 10^s{,}464$

in mittlerer Sonnenzeit. Dieser Betrag wächst in 128,866 Jahren zu einem ganzen Tage an; mithin bleibt nach einem solchen Zeitraume das julianische Jahr um 1 Tag hinter dem tropischen zurück, wird aber dessen ungeachtet von den Chronologen für ein festes Sonnenjahr genommen und dient ihnen als *Grundjahr* zur Reduction der andern Jahresformen.

3) Zugleich hatte *Caesar* verordnet, dass fünf Monate die bisherige Dauer beibehalten sollten, namentlich in den Gemeinjahren auch der Februar, damit der Cultus der Unterirdischen keine Veränderung erlitt. Die Tagezahl der andern Monate wurde in der Art eine andere, dass in den Abständen der einzelnen Feste von einander das bisherige Verhältniss verblieb.

4) Auch nahm derselbe in seinem Kalender acht Jahrespunkte an. Er setzte nämlich die Mitte (nicht wie dermal den Anfang) des Frühlings, Sommers, Herbstes und Winters auf die Nachtgleichen und Sonnenwenden, und die andern Jahrespunkte nach den Auf- und Untergängen der Sterne fest, wobei er jedoch ältern, südlicheren Polhöhen angemessenen Bestimmungen folgte. Die untenstehende Tafel zeigt seine Bestimmungen und in der letzten Spalte diejenigen Tage, an welchen die fraglichen Erscheinungen damals zu Rom erfolgt sind.

Kürzester Tag	25. Dec.		24. Dec.
Frühlingsanfang	7. Febr.	Spätaufgang des Arcturs.	18. Feb.
Frühlingsäquinoct.	24. März.		23. März
Sommeranfang	9. Mai.	Frühaufgang der Plejaden.	28. Mai
Längster Tag	24. Juni.		25. Jun.
Herbstanfang	11. Aug.	Frühuntergang der Leyer.	24. Aug.
Herbstnachtgleiche	24. Sept.		25. Sept.
Winteranfang	11. Nov.	Frühuntergang d. Plejad.	9. Nov.

5) *Dio Cassius* erzählt in Hist. Rom. II. 8, 33, indem er die Begebenheiten des Jahres 714 U. C. (§. 90.) berichtet: „Aus dem vorhergehenden Jahre 713 ist noch nach„zuholen, . . . dass man wider die Regel einen Tag ein„schaltete, um den ersten Tag des neuen Jahres nicht „auf den mit jedem neunten Tage gewöhnlichen Markttag „fallen zu lassen, welches man von jeher zu vermeiden ge„sucht hatte.“ Da nun *Dio Cassius* diese Bemerkung eigens nachholt, so geht wohl daraus hervor, dass vom ersten Jahre der Kalenderverbesserung bis 713 dieses Zusammentreffen nicht berücksichtigt worden ist. Ohne Zweifel haben die Pontifices erst nach *Caesars* Tode (15. März 710 U. C. = 44 a. Æ. V.) den Muth gehabt, seine Einschaltungsregel zu beseitigen, und den alten Gebrauch wegen der Nundinae (§. 12.) wieder gelten zu lassen, dem gemäss die Einschaltung eines Tages in jedem dritten Jahre erfolgte, in welcher Hinsicht 713 freilich wider diese Regel ein Schaltjahr war Wirklich musste ein solches Zusammentreffen nach je 3 Gemeinjahren erfolgen; denn es ist $\frac{365 \times 3}{8} = 136$ römische Wochen und 7 Tage. Wurde daher in jedem dritten

Jahre ein Tag eingeschaltet, so kamen die Nundinae auf den letzten December dieses Jahres.

Es ergaben sich also in den ersten 36 Jahren der verbesserten Zeitrechnung folgende *römische* Schaltjahre:

U.C. 709. 713. 716. 719. 722. 725. 728. 731. 734. 737. 740. 743.
a. Æ. V. 45. 41. 38. 35. 32. 29. 26. 23. 20. 17. 14. 11.

Es hätten aber in diesem Zeitraume nur folgende *julianische* Schaltjahre vorkommen sollen:

U. C. 709. 713. 717. 721. 725. 729. 733. 737. 741.
a. Æ. V. 45. 41. 37. 33. 29. 25. 21. 17. 13.

d. h. um 3 weniger. Aus dieser Ursache verordnete, wie *Plinius* (gest. 79. Æ. V.) in seiner Hist. natur. 18, 57 und *Solinus* (ein röm. Grammatiker aus dem 2. oder 3. Jahrhundert Æ. V.) in seinem Werke de situ et mirabilibus Orbis Cap. I. §. 45. sagt, *Augustus*, dass von 745 angefangen 12 Jahre ohne Schalttag vorübergehen sollten, damit jene 3 überzähligen Tage compensirt würden. Diesem gemäss entstand eine Uebergangsperiode von 745 bis 757, in welcher gar kein Schalttag vorkam, vielmehr die für 12 Jahre gültigen 3 julianischen, wie die römischen Schalttage ausfielen. 757 war wieder ein Schaltjahr, und von da wechselten die Schalt- und Gemeinjahre in der von *Julius Caesar* vorgeschriebenen Ordnung.

§. 26.

Die feste Form des julianischen Jahres brachte die bisherige Eintheilung desselben in eine grössere Regelmässigkeit und entwöhnte allmählig von der Bestimmung des Datums mittels des wahren Mondlaufes und der Auf- und Untergänge der Sterne; etwa hundert Jahre später wurden schon die Datirungen bloss an die Monatstage geknüpft. Ueberhaupt unterschied man in jedem Monate drei ausgezeichnete Tage, die man mit dem Namen Kalendae, Nonae und Idus belegte. *Kalendae* bezeichnete den ersten Tag eines jeden Monats, *Nonae* ursprünglich den neunten Tag vor dem Vollmonde, *Idus* d. i. Halbscheid, anfänglich den Tag des Vollmondes. Kalendae stammt her von *καλέω*, calo, are, ich rufe; denn der im §. 7 erwähnte Priester rief 5 oder 7 Mal: „Ich rufe Neulicht!“, und eben so viele Tage verflossen dann noch bis

zu den nächsten Nonae. Bei diesem Ausrufen und hierauf bei der julian. Anordnung wurden immer der Anfang- und Endtermin eingerechnet, so dass im julian. Jahre die Nonae im März, Mai, Julius und October auf den 7. und in den übrigen Monaten auf den 5. Tag des Monats fielen; der erste ausgerufene Tag fing mit der Mitternacht an, welcher das Ausrufen vorangegangen war. Weil es zugleich herkömmlich war, die Zinsen jedesmal an dem ersten Monatstage zu zahlen, so nannten die Römer ein Verzeichniss der Zinsen *Kalendarium*. Erst spät ist dies Wort in seiner jetzigen Bedeutung genommen worden; die Römer hatten für diese den Ausdruck *Fasti*. (*Almanach* ist vermuthlich aus dem arabischen almenha, Geschenk, entstanden, weil die orientalischen Astronomen ihre Kalender am Neujahrstage als Geschenk austheilten. Im Mittelalter, besonders bei den Kirchenscribenten, kömmt das Wort Kalendarium seltener vor; *Compotus* oder *Computus* dagegen häufiger.)

Von den drei ausgezeichneten Monatstagen wurde rückwärts gezählt (§. 14.), wie die nachstehende Tabelle zeigt, wobei anstatt Kalendarum, Nonarum, Iduum auch der Ausdruck Kalendas, Nonas, Idus und z. B. statt VI. Kalendarum auch in ante diem VI. Kal. oder ante diem VI. Kal. u. dgl. gebräuchlich war.

Monatstag.	März, Mai, Julius, Oct.	Januar, August, December.	April, Junius, Sept., Nov.,	Februar im Gemeinjahre.	Februar im Schaltjahre.
1.	Kalendae.	Kalendae.	Kalendae.	Kalendae.	
2.	6. Nonarum.	4. Nonarum	4. Nonarum	4. Nonarum.	
3.	5. „ „	3. „ „	3. „ „	3. „ „	
4.	4. „ „	Prid. Nonar.	PridieNonar.	Prid. Nonar.	
5.	3. „ „	Nonae.	Nonae.	Nonae.	
6.	Pridie Nonar.	8. Iduum.	8. Iduum.	8. Iduum.	
7.	Nonae.	7. „ „	7. „ „	7. „ „	
8.	8. Iduum.	6. „ „	6. „ „	6. „ „	
9.	7. „ „	5. „ „	5. „ „	5. „ „	
10.	6. „ „	4. „ „	4. „ „	4. „ „	
11.	5. „ „	3. „ „	3. „ „	3. „ „	
12.	4. „ „	Prid. Iduum	Prid. Iduum	Prid. Iduum	
13.	3. „ „	Idus.	Idus.	Idus.	

Monatstag.	März, Mai, Julius, Octob.	Januar, August, Decemb.	April, Junius, Septb., Novb.	Februar im Gemeinjahr.	Februar im Schaltjahr.
14.	Pridie Iduum	19. Kalendar.	18. Kalendar.	16. Kalend.	
15.	Idus.	18. „ „	17. „ „	15. „ „	
16.	17. Kalendar.	17. „ „	16. „ „	14. „ „	
17.	16. „ „	16. „ „	15. „ „	13. „ „	
18.	15. „ „	15. „ „	14. „ „	12. „ „	
19.	14. „ „	14. „ „	13. „ „	11. „ „	
20.	13. „ „	13. „ „	12. „ „	10. „ „	
21.	12. „ „	12. „ „	11. „ „	9. „ „	
22.	11. „ „	11. „ „	10. „ „	8. „ „	
23.	10. „ „	10. „ „	9. „ „	7. „ „	
24.	9. „ „	9. „ „	8. „ „	6. „ „	bis Sextus Kalendar.
25.	8. „ „	8. „ „	7. „ „	5. „ „	Sext. Kal.
26.	7. „ „	7. „ „	6. „ „	4. „ „	5. Kalend.
27.	6. „ „	6. „ „	5. „ „	3. „ „	4. „ „
28.	5. „ „	5. „ „	4. „ „	Prid. Kal.	3. „ „
29.	4. „ „	4. „ „	3. „ „	Martii.	Pridie
30.	3. „ „	3. „ „	Prid. Kal.		Kalendar.
31.	Pridie Kalend.	Prid. Kalend.	Maji, Julii,		Martii.
	April., Junii, Aug., Novb.	Febr., Septb. Januarii.	Octob., Decb.		

§. 27.

Vom Jahre 45 a. Æ. V. bis zur ersten allgemeinen Kirchenversammlung zu Nicäa im Jahre 325 Æ. V. musste, weil das julianische Jahr um $0^d,00776$ zu lang ist (§. 25), die Frühlingsnachtgleiche dem 24. März (§. 25.) um mehr, als zwei Tage vorausgeeilt seyn; denn es ist

$$(45 + 324)\ 0,00776 = 2^d,86344.$$

Jenes Concilium setzte dieselbe wirklich auf den 21. März fest, was damals mit dem Himmel übereinstimmte. Ein solches Vereilen musste auch fernerhin geschehen. Schon im 13. Jahrhundert beschäftigte sich der engländische Astronom *Johann von Sacrobosco*, nach ihm *Johann von Sachsen* und der Bischof von Lincoln, *Robert Grosse-Teste*, mit der Verbesserung dieses Fehlers. Auch im J. 1414 kam sie auf dem Concilium zu Constanz und später auf dem Concilium zu Basel (1436 bis 1439) zur Sprache. Papst *Nicolaus V.* (regierte vom 1447 bis 1455)

beschäftigte sich ebenfalls mit derselben; *Sixtus IV.* (regierte von 1471 bis 1484) berief i. J. 1475 zu demselben Zwecke den *Johann Regiomontanus* nach Rom; letzterer starb jedoch 1476, ohne zu einem Resultate gekommen zu seyn; auf dem Concilium im Lateran 1512 wurde abermals die Verbesserung des Kalenders beantragt. Endlich trug die tridentinische Kirchenversammlung (dauerte von 1545 bis 1563) dieselbe dem Papste förmlich auf, und *Gregor XIII.* (regierte von 1572 bis 1585) bewerkstelligte sie nach einem Plane, den er schon als Kardinal von *Luigi Lilio* (Aloysius Lilius), einem Kalabresen und Arzte in Verona, durch dessen Bruder *Antonio Lilio*, nachherigem päpstlichen Leibarzte, erhalten hatte. Dieser Plan wurde unter dem Titel: Compendium novae rationis restituendi Calendarium, sowie er dermal noch in den Brevieren und Missalen der römisch-katholischen Kirche abgedruckt ist, den Fürsten und berühmtesten Universitäten Europas 1577 zur Prüfung vorgelegt, wofür der Papst auch eine Commission von Gelehrten, unter denen der Jesuit *Christoph Clavius* (Schlüssel) aus Bamberg war, niedersetzte. Nachdem diese Commission an einem Gnomon zu Bologna die Solstitien hatte beobachten lassen, um genau die damaligen Tage der Jahrespuncte auszumitteln, nahm sie noch einige minder bedeutende Aenderungen des ursprünglichen Planes vor, und arbeitete die Canones in Calendarium Gregorianum perpetuum aus, auf deren Grund Papst *Gregor XIII.* in der vom 24. Februar 1581 (eigentlich 1582, weil derselbe das Jahr nach Florentiner Weise mit dem 25. März anfing (vergl. §. 31.) datirten Bulle: „Inter gravissimas Pastoralis officii nostri curas" die Reform definitiv anordnete. Später erschien das ausführlichere Werk: Romani Kalendarii a Gregorio XIII. P. M. restituti explicatio, Clementis jussu edita, auctore Christoph. Clavio Bambergensi (Operum mathematicorum Tom. V. Fol. Moguntiae 1612.) Demselben sind die eben genannten Canones, das Compendium und die Bulle vorgedruckt.

§. 28.

Im Verbesserungsjahre 1582 war das Frühlingsæquinoctium bis auf den 11. März vorausgeeilt; denn es ist

$(1582 - 325) \times 0{,}00776 = 9{,}75432$ mittlere Sonnen- oder 10 bürgerliche Tage. Es mussten deshalb vor Allem 10 Tage ausgelassen werden, damit i. J. 1583 die Frühlingsnachtgleiche wieder auf den vom Concilium zu Nicäa festgesetzten Tag traf. Deshalb, und weil im October keine beweglichen und wenige Hauptfeste einfallen, wurde im *October* 1582 *vom* 4. *sogleich auf den* 15. *Tag fortgezählt.* Damit aber der momentan weggeschaffte Fehler im Verlaufe der Zeit nicht wiederkehre, wurde zugleich verordnet, dass *nur diejenigen Schlussjahre der Jahrhunderte, welche durch* 400 *ohne Rest theilbar sind, Schaltjahre, und die übrigen Schlussjahre gemeine bleiben sollen.* Demnach fallen in 4 Jahrhunderten drei julianische Schalttage aus, und das verbesserte Jahr beträgt $\frac{(365{,}25 \times 400) - 3}{400} = 365^d{,}2425$, das ist zu viel um $365{,}2425 - 365{,}24224 = 0^d{,}00026 = 22^s{,}464$.

Dieser Fehler wächst erst in 3846 Jahren zu $0^d{,}99996 = 23^h\ 59^m\ 56^s{,}544$ d. i. beinahe zu 1 Tag an; deshalb bleibt das gregorianische Jahr erst nach 3846 Jahren um einen Tag hinter dem tropischen zurück. Auch dieser kleine Fehler kann noch beseitigt werden, wenn *diejenigen Schlussjahre der Jahrtausende, welche nicht durch* 4000 *ohne Rest theilbar sind, gemeine bleiben;* denn alsdann fallen zuerst nach der erstern Regel in 400 Jahren drei, also in 4000 Jahren 30 Schalttage, und nach der zweiten Regel noch ein Tag, also zusammen 31 Tage hinweg, und die Länge des dergestalt verbesserten Jahres ist dann im Mittel $\frac{(365{,}25 \times 4000) - 31}{4000} = 365^d{,}24225$ d. i. zu gross um $0^d{,}0001 = 0^s{,}864$. Mit allem Rechte nennt man daher das gregorianische ein festes Sonnenjahr oder vielmehr aus später zur Erklärung kommenden Ursachen ein *festes Sonnen-Mondjahr.*

§. 29.

Die Auslassung der 10 Tage geschah in *Spanien*, *Portugal* und *Rom* mit dem grössern Theile *Italiens* am 5. October 1582; in *Frankreich* im December desselben Jahres, indem vom 10. auf den 21. gezählt wurde; in *Brabant*,

Flandern, *Artois*, *Hennegau* und *Holland* in demselben Monat durch Fortzählung vom 14. auf den 25.; in *Dänemark* und dem katholischen Theile der *Schweiz* in demselben Jahre; von den katholischen Ständen des *deutschen Reiches* 1584, in *Polen* 1586, *Ungarn* 1587, von den deutschen Protestanten 1700, wobei diese letztern auf den 18. Februar sogleich den 1. März folgen, also richtig 11 Tage ausfallen liessen; in der protestantischen *Schweiz* 1710; in *England* 1752, wobei nach dem 2. September sogleich der 14. folgte; endlich in *Schweden* liess man 1753 auf den 17. Februar sogleich den 1. März kommen. Nur die *schismatisch-griechische* Kirche hat noch immer das julianische Jahr oder die Jahresrechnung nach *altem Style* im Gegensatze des gregorianischen Kalenders oder *neuen Styles*. Da nun im letztern 1600, 2000, 2400, . . . Schaltjahre, 1700, 1800, 1900, 2100, . . . Gemeinjahre sind, so ist das Datum eines Tages im gregorianischen Kalender

von	1583	bis	1699	um	10 Tage
„	1700	„	1799	„	11 „
„	1800	„	1899	„	12 „
„	1900	„	2099	„	13 „

u. s. w. grösser als im julianischen Kalender. Bezeichnet man das erste mit D, das andere mit d, so ist allgemein für jedes n^{te} Jahrhundert der christlichen Zeitrechnung

$$D = d + n - 3 - {}^1/_4(n-1),$$

wobei im letzten Gliede nur der Quotient in ganzen Zahlen genommen wird. Mithin sind z. B. der 1. Januar 1853 neuen Styles und der 20. December 1852 alten Styles derselbe Wochentag. Gewöhnlich setzt man die Daten der beiden Kalender unter einander, das gregorianische oben; z. B.

$$\frac{\text{1. März}}{\text{18. Febr.}} \quad 1852.$$

§. 30.

Die Genauigkeit und Zweckmässigkeit der gregorianischen Einschaltungsweise, insbesondere wegen der regelmässigen Wiederkehr der Schaltjahre, ergibt sich auch aus der Auflösung der Aufgabe: *Es sey das tropische Sonnenjahr durch*

eine Reihe von Jahren darzustellen, die nur eine Anzahl von ganzen Tagen enthalten. — Man nehme an, dass jede solche Reihe x gemeine Jahre von 365 und y Schaltjahre von 366 Tagen, also zusammen $x+y$ Jahre und $365x + 366y$ Tage enthalten soll. Dann ist die Länge des eigentlichen mittelst dieser Vertheilung entstandenen Jahres durch den Ausdruck $\frac{365x+366y}{x+y} = \frac{365(x+y)+y}{x+y} = 365 + \frac{y}{x+y}$ gegeben, und da dieser Ausdruck gleich 365,24224 seyn soll, so ist $\frac{y}{x+y} = 0{,}24224$; $0{,}24224x = y(1-0{,}24224)$;

$$\frac{y}{x} = \frac{75776}{24224}.$$

Dieser Bruch muss in einen Kettenbruch aufgelöst werden, d. h. in einen Bruch, dessen Nenner aus einer ganzen Zahl und einem gewöhnlichen Bruche besteht, welchen letzten Bruches Nenner wieder eine ganze Zahl nebst einem gewöhnlichen Bruche ist u. s. w. Diese Auflösung geschieht durch das bekannte Mittel, dessen man sich bedient, um für zwei gegebene Zahlen den grössten gemeinschaftlichen Factor zu finden, nämlich durch fortgesetzte Division dieser Zahlen und ihrer Reste. Man hat also:

| | | |

welche einfacher oder mit kleinern Nennern ausgedrückt und doch dem wahren Werth näher wären als sie. Diese Näherungswerthe sind hier $\frac{3}{1}, \frac{22}{7}, \frac{25}{8}, \frac{122}{39}, \frac{1139}{359}, \frac{2368}{757}$.

Multiplicirt man einen solchen Zähler mit 365 seinen Nenner mit 366, und dividirt man die Summe dieser Producte durch die Summe des Zählers und Nenners, so erhält man die durchschnittliche Länge des Jahres einer solchen Reihe, mithin nach der obigen Ordnung folgende Resultate mit ihren Fehlern, wobei das Zeichen + andeutet, dass dieses mittlere Jahr zu kurz, und das Zeichen — anzeigt, dass dasselbe zu lang sei.

365,25	— 0,00776
365,241384	+ 0,000856
365,2424242	— 0,0001842
365,2422362	+ 0,0000038
365,2422402	— 0,0000002
365,24224	

Der erste Näherungswerth $\frac{3}{1}$ gibt den *julianischen* Schaltkreis, der dritte dagegen zeigt eine Reihe von 25 gemeinen und 8 Schaltjahren, deren Fehler schon kleiner ist als $0^d,00026$ d. i. der Fehler des ursprünglichen *gregorianischen* Jahres, obwohl dieser die mehr als 12mal grössere Periode von 400 Jahren zur Grundlage hat. Diesen dritten Einschaltungskreis gebrauchten die Perser; sie haben nämlich neben dem ältern beweglichen Sonnenjahre seit dem 15. März 1079 *A. V.* das von dem Seldschuk'schen Sultan *Dschelaleddin Malekschach* bei ihnen eingeführte feste Sonnenjahr von 12 Monaten zu 30 Tagen nebst 5 oder 6 Ergänzungstagen, so dass in 66 Jahren 16 Tage eingeschaltet wurden. Obgleich der dabei entstandene Fehler erst nach 5429 Jahren zu einem ganzen Tag anwächst, so verdient unstreitig das gregorianische Jahr wegen der Leichtigkeit und systematischen Wiederkehr der Einschaltung den Vorzug und ist auch viel genauer, sobald man die alle 4000 Jahre eintretende Verbesserung berücksichtigt. (§. 28.)

§. 31.

Der *Anfangspunkt* des bürgerlichen Jahres war bei jenen alten Völkern des Orients, die ein festes Sonnenjahr hatten,

ursprünglich die *Frühlingsnachtgleiche*, wie es noch heut zu Tagen bei den Chinesen der Fall ist. Auch die Albaner und die Römer vor Numa gebrauchten denselben Anfangspunkt. Verschieden war er bei den verschiedenen Völkern Griechenlands, bei den Athenern insbesondere der erste Neumond nach dem *Sommersolstitium*. Die alten Juden begannen wie schon früher gesagt worden ist, mit der ersten Phase nach der *Frühlingsnachtgleiche*, die neuern beginnen mit dem Neulichte zunächst nach der *Herbstnachtgleich*. Die Römer hatten seit Numa den Jahresanfang so nahe als möglich an den *kürzesten Tag* verlegt, und Julius Caesar wählte dafür denjenigen Tag, auf welchen der erste mittlere Neumond nach dieser Sonnenwende fiel (§. 24.). Mit diesem ersten Januar traf dann auch die Beschneidung Christi zusammen, und es pflanzte sich deshalb dieser Anfang zugleich mit dem julianischen Kalender in den gregorianischen fort. Doch bestanden im Mittelalter neben demselben vorherrschenden noch andere. So war namentlich derjenige *a nativitate Christi*, wonach man das Jahr mit dem 25. December anfing, sehr gebräuchlich; ausserdem auch der, in Pisa und Florenz zuletzt, nämlich erst im J. 1449 abgeschaffte, *ab annuntiatione Mariae* d. i. 25. März, und der besonders in Frankreich bis zum Jahre 1556 sehr übliche vom Osterfeste, *a. resurrectione Christi*. Die deutschen Kaiser zählten die Jahre Christi und ihrer Regierung bis in die letzte Hälfte des 16. Jahrhunderts in ihren Urkunden allgemein vom 25. December angefangen. Die *Kopten* fangen, wie ehemals die Alexandriner (§. 18.), das Jahr mit dem 29. oder 30. August an, die *Nestorianer* und *Jacobiten* mit dem 1. October des julianischen Kalenders. Die *Russen* fingen es vor dem 18. Jahrhunderte mit dem 1. September an.

§. 32.

Die *Bezeichnung* des Jahres war in verschiedenen Ländern und Zeiten sehr abweichend. Bei den Alten war sie gewöhnlich von ihren Königen und obern Magistratspersonen hergenommen. Die Völker des Abendlandes zählten nach den Regierungsjahren ihrer Kaiser und Könige, fingen aber

schon sehr frühzeitig an, nebenher oder ganz allein das Jahr nach der Geburt Christi in ihren Urkunden anzugeben, häufig auch noch andere chronologische Merkmale beizufügen.

§. 38.

Eine ephemäre und unchristliche Erscheinung war der *französisch-republikanische* Kalender, der von dem Nationalconvent durch Decret vom 5. October 1793 eingeführt wurde. Zum Anfange des ersten Jahres nahm man die Mitternacht, womit der Tag anfing, auf welchem für den Meridian der Pariser Hauptsternwarte die Herbstnachtgleiche des Jahres 1792 traf. In ähnlicher Weise sollte jedes Jahr überhaupt anfangen, also mit dem 22. oder 23. oder, weil in bürgerlichen Tagen gezählt werden muss, auch 24. September. 100 Secunden machten 1 Minute, 100 Minuten 1 Stunde, 24 Stunden 1 Tag, 30 Tage 1 Monat, 12 Monate mit 5 oder 6 Ergänzungstagen 1 Gemein- oder 1 Schaltjahr, 3 gemeine und 1 Schaltjahr 1 Franciade, so dass in jeder das 3. Jahr ein Schaltjahr war; von Zeit zu Zeit sollte die Franciade, vermuthlich die achte, 4 gemeine Jahre enthalten. Mithin wurde auf solche Weise ein festes Sonnenjahr durch denjenigen Schaltkreis erzielt, der oben durch den dritten Näherungswerth dargestellt ist. Hätten demnach, was nicht ganz gewiss ist, die Perser eine astronomische Grundlage ihrer Jahresrechnung gehabt, so könnte man sagen, dass die Franzosen von denselben Jahresform und Unregelmässigkeit der Einschaltung entlehnt hätten und nur darin abwichen, dass die Perser das Jahr mit der Frühlings-, die Franzosen mit der Herbstnachtgleiche anfingen. Dieser republikanische Kalender erlebte jedoch nicht einmal 14 Jahre; denn durch einen Senatsbeschluss vom 8. September 1805 (21. Fructidor XIII.) wurde verfügt, dass am 11. Nivôse XIV. (1. Januar 1806) wieder der gregorianische Kalender zur Geltung käme. Während dieses Zeitraumes waren die Jahre III, VII, XI einerseits und 1796, 1804 anderseits Schaltjahre; mithin fiel der *Anfang der neufränkischen Jahre* auf folgende Tage:

I. 22.	Sept.	1792. Sonnabend.	VIII. 23.	Sept.	1799. Montag.
II. 22.	„	1793. Sonntag.	IX. 23.	„	1800. Dienstag.
III. 22.	„	1794. Montag.	X. 23.	„	1801. Mittwoch.
IV. 23.	„	1795. Mittwoch.	XI. 23.	„	1802. Donnerstag
V. 22.	„	1796. Donnerstag.	XII. 24.	„	1803. Sonnabend
VI. 22.	„	1797. Freitag.	XIII. 23.	„	1804. Sonntag.
VII. 22.	„	1798. Sonnabend.	XIV. 23.	„	1805. Montag.

Die *Namen der Monate* waren so gewählt, dass sie durch ihre Ableitung die Jahreszeit u. dgl. bezeichneten.

Herbst:	Vendémiaire, Weinlesem.	Frühling:	Germinal, Herbstm.
	Brumaire, Nebelm.		Floréal, Blüthenm.
	Frimaire. Reifm.		Prairial, Wiesenm.
Winter:	Nivôse, Schneem.	Sommer:	Messidor, Erntem.
	Ven ôse, Windm.		Thermidor, Hitzem.
	Pluviôse, Regenm.		Fructidor, Früchtem.

Hier schlossen sich die *jours complémentaires* oder *sansculottides* an; nämlich

1. Primidi, fête du genie.	4. Quartidi, fête des recompenses.
2. Duodi, „ du travail.	5. Quintidi, „ de l'opinion.
3. Tridi, „ des actions.	6. Sextidi, der Schalttag.

Jeder Monat war in 3 *Dekaden* von 10 Tagen eingetheilt. Die einzelnen Tage hiessen primidi, . . . septidi, octidi, nonidi, decadi. Der letzte war der Ruhe und, während die Republik ohne Religion war, der Uebung und Anregung zur Tugend (!?) gewidmet und hatte ausserdem manchmal schlecht zu dieser Bestimmung passende Bezeichnungen, z. B. la haine des Tyrans et des Traitres am 10. Nivôse. Ausserdem hatte er, wie jeder Tag überhaupt, einen von der Oekonomie hergenommenen und der Zeit, in welche er fiel, angemessenen Namen. — Eine vollständige Zusammenstellung dieses Kalenders mit dem gregorianischen steht in Littrow's Kalender für alle Stände und das Jahr 1849; Wien.

Zweites Kapitel.

§. 34.

Cyklus oder Zeitkreis bedeutet eine Reihe von Jahren, nach deren Beendigung die zum Zeitmass dienenden Erscheinungen am Himmel in derselben Ordnung wieder eintreten, wobei jedoch nur nach ganzen Tagen gezählt wird. Hieher gehören der *Indictionen*-, der *Sonnen*- und der *Mond*-Cyklus, der letzte nebst dem ihm entsprechenden *Epaktencyklus*. Die drei Zahlen, welche angeben, das wie vielte Jahr in jedem dieser Cyklen ein gegebenes sey, heissen die chronologischen Merkmale desselben. (§. 32.).

I. Cyklus der Indictionen.

§. 35.

Der Cyklus der *Indictionen* oder *Römerzinszahlen* ist eine Reihe von 15 Jahren, nach deren Verlauf immer die Steuerkataster des römischen Reiches wieder berichtigt wurden. Man unterscheidet

1) die *Constantinopolitanische* Indiction, welche von den römischen Kaisern im Orient gebraucht wurde und mit dem 1. September 312 Æ. V. anfing; sie ist in der griechischen Kirche dermal noch üblich;

2) die *Constantinische* Indiction oder die der Caesarn, vom 25. September 312 Æ. V. anfangend;

3) die *römische* oder *päpstliche* Indiction, die mit dem 1. Januar 313 Æ. V. anfängt und in unsern Kalendern vorkömmt.

Wenn man diesen Cyklus, insbesondere die römische Indiction, auf das erste Jahr unserer Zeitrechnung zurückführt, so ist dieses das vierte in seiner Reihe. Demnach muss man, um für die Jahre Æ. V. die Indiction zu finden, zu der gegebenen Jahreszahl erst noch 3 hinzufügen, und dann die Summe durch 15 dividiren; der Rest gibt die Indiction; bleibt kein Rest, so ist 15 selbst die Indictionszahl. Die Zurückdatirung dieses Resultates um die genannten Zeitdifferenzen auf die andern Indictionen ist leicht.

II. Sonnencyklus.

§. 36.

Sonnencyklus ist eine wiederkehrende Reihe von 28 Jahren, nach deren Verlauf (wenigstens im julianischen Kalender) die Wochentage wieder auf dieselben Monattage fallen. Weil ein Gemeinjahr $(52 \times 7) + 1$ Tage zählt, so würde, wenn es keine Schalttage gäbe, derselbe Monattag im nächstfolgenden Jahre immer um einen Wochentag fortrücken, also in 7 Jahren um 7 Wochentage. Fängt z. B. ein Jahr mit einem Sonntage an, so würde das zweite mit einem Montage, das dritte mit einem Dienstage u. s. w., endlich das 7. mit einem Sonntage beginnen. Weil aber im *julianischen* Kalender jedes 4. Jahr ein Schaltjahr ist und ein solches $(52 \times 7) + 2$ Tage zählt, so ist nach einem solchen der Monattag im darauffolgenden Jahre um zwei Wochentage fortgerückt. Fängt z. B. ein Schaltjahr mit einem Sonntage an, so muss das danach kommende mit einem Dienstage beginnen. Es kann deshalb im *julianischen* Kalender das Zusammentreffen eines bestimmten Monattages mit dem nämlichen Wochentage erst nach einer Reihe von Jahren, die durch 4 dividirt den Quotienten 7 ohne Rest gibt, also erst nach 4×7 Jahren wieder statt finden. Im *gregorianischen* Kalender dagegen treten bei diesem Cyklus Abweichungen ein wegen derjenigen Säcularjahre, die nur 365 Tage haben.

§. 37.

Der Erfinder dieses Cyklus war *Dionysius Exiguus*, von Geburt ein Scythe, der um das Jahr 530 als Abt in Rom lebte und 556 starb. Er war vom Papste *Johann I.* mit der Ausarbeitung einer christlichen Zeitrechnung beauftragt, und nahm dabei an, dass das 1. Jahr unserer Zeitrechnung das 10. des damals treffenden Cyklus und dieser der erste gewesen wäre. Um daher für ein gegebenes Jahr zu finden, das wie vielte es im laufenden Cyklus sey, vermehrt man diese Jahrzahl um 9, und dividirt diese Summe mit 28; dann gibt der Rest die Antwort, während der Quotient

anzeigt, wie viele Cyklen bereits verflossen sind. Bleibt kein Rest, so ist das gegebene Jahr das letzte seines Cyklus. So sind bis zum Jahre 1853 Æ. V. volle 66 Cyklen verflossen und dieses Jahr ist das 14. im 67. Sonnencyklus. Jener Rest oder 28 ist die Zahl, welche in unsern Kalendern, im *julianischen* gleichwie im *gregorianischen* die nämliche, neben der Bezeichnung Sonnencyklus steht.

Drückt man sie überhaupt durch S aus, so findet man leicht die im *russischen* Kalender derselben Bezeichnung entsprechende Zahl S'. Ist nämlich S grösser als 17, so wird $S' = S - 17$; ist dagegen S kleiner als 17, so wird $S' = S + 28 - 17 = S + 11$ oder, wenn diess mehr als 28 beträgt, $S' = S + 11 - 28$. Das nämliche Resultat erhält man als Rest, wenn man die gegebene Jahrzahl Æ. V. um 5508 vermehrt und diese Summe durch 28 dividirt. Für 1814 hat man $S = 3$ und $S' = 14$.

§. 38.

In den Schriften des *Dionysius Æ.* kömmt nichts von den Sonntagbuchstaben vor; jedoch in dem Canon paschalis des *Victorius* (§. 70.) kömmt bereits eine Rubrik vor mit der Ueberschrift: literae dominicales. Bezeichnet man nämlich die Tage eines Jahres, vom 1. Januar angefangen, fortlaufend mit den Buchstaben A, B, C, D, E, F, G, fängt man dann wieder mit A an u. s. f., so heisst *Sonntagbuchstabe* derjenige, welcher neben den Sonntagen zu stehen kömmt. Ist z. B. der 4. Januar ein Sonntag, so ist D der Sonntagbuchstabe; der 1. Januar war ein Donnerstag, mithin beginnt das nächste Jahr mit einem Freitag und hat deshalb den Sonntagbuchstaben C; das darauf kommende hat einen Sonnabend zum 1. Januar und den Buchstaben B. So würde es fortgehen und mit jedem Jahre der Sonntagbuchstabe um eine Stelle des Alphabets zurückgehen, wenn nicht die Schaltjahre wären. In einem solchen wird der Schalttag oder der 24. Februar mit demselben Buchstaben bezeichnet, welchen jetzt auch, als wenn der 24. nicht vorhanden wäre, der 25. erhält; z. B.

Januar	1.	♄.	A.	Februar	20.	☉.	B.	24. 24. F.
	2.	☉.	B.		21.	☾.	C.	25. ♀. F.
	3.	☾.	C.		22.	♂.	D.	26. ♄. G.
	u.	s.	w.		23.	☿.	E.	27. ☉. A.

Man hat also in jedem Schaltjahre zwei Sonntagbuchstaben, wovon der im Alphabet frühere rechts vom andern gesetzt wird und für die Sonntage nach dem 25. Februar gilt, während der andere den frühern Sonntagen angehört; z. B. für den vorigen Fall BA. Somit geht der Sonntagbuchstabe in jedem Schaltjahre um zwei, in jedem Gemeinjahre um eine Stelle des Alphabets zurück.

Die Sonntagbuchstaben (Wrutzeleto) der *Russen* sind ebenfalls die sieben ersten Buchstaben ihres Alphabets, nämlich A (As), B (Wiedi), G (Glagol), D (Dobro), E (Jest), Sz (Selo), S (Semla); sie werden aber nicht so gebraucht, wie in den beiden andern Kalendern, sondern der russische Sonntagbuchstabe eines Jahres zeigt an, welcher Wochentag in diesem Jahre auf den 1. September fällt, weil mit diesem Monate vor dem 18. Jahrhundert das bürgerliche Jahr in Russland anfing.

§. 39.

Um den *julianischen* Sonntagbuchstaben L für ein gegebenes Jahr A unserer Zeitrechnung zu finden, nehme man statt der Buchstaben A bis G die Zahlen 1 bis 7 und setze

$$L = 7n + 3 - \mathfrak{A} - \tfrac{1}{4}\mathfrak{A},$$

worin vom letzten Gliede nur die Ganzen zur Einrechnung kommen und n eine ganze Zahl bedeutet, so gross, dass der möglich-kleinste Werth von L herauskömmt; in einem Schaltjahre wird dem Resultate der Rechnung der im Alphabete zunächst folgende Buchstabe vorausgesetzt. Es war nämlich das Jahr 45 a. Æ. V., also auch 9 a. Æ. V. ein Schaltjahr; das letzte ist zugleich nach der dionysianischen Anordnung das erste Jahr des ersten Sonnencyklus. Weil das letzte eines solchen im julianischen Kalender mit einem Sonntag anfängt, so hat man

10.	9.	8.	7.	6.	5.	4.	3.	2.	1.	L
A.	GF.	E.	D.	C.	BA.	G.	F.	E.	DC.	B.

Mithin gehört zum ersten Jahre unserer Zeitrechnung der Sonntagbuchstabe B = 2 = 3 — 1 oder, weil hier $\mathfrak{A} = 1$ ist, B = 3 — $\mathfrak{A}$. Derselbe geht aber überhaupt in $\mathfrak{A}$ Jahren um $\mathfrak{A}$ Stellen und wegen der Schaltjahre noch um $\frac{1}{4}\,\mathfrak{A}$ Stellen zurück, so dass man allgemein L = 3 — $\mathfrak{A}$ — $\frac{1}{4}\,\mathfrak{A}$ hätte, wenn nicht, sobald $\mathfrak{A} = 3$ oder $\mathfrak{A} > 3$ ist, der Werth von L gleich Null oder gar negativ, mithin unbrauchbar würde. Da jedoch der Sonntagbuchstabe der nämliche bleibt, wenn man um irgend eine Anzahl n von Wochen vor- oder rückwärts zählt, so stellt man, um immer einen positiven Werth zu erhalten, 7n in die Formel ein. Z. B. für 1852 ist L = (7 × 331) + 3 — 1852 — 463 = 5 = E, also wegen des Schaltjahres L = FE.

Um den *russischen* Sonntagbuchstaben zu finden, dividire man den russischen Sonnencyklus (§. 37.) durch 4 und addire zu dem Quotienten den Sonnencyklus selbst, so ist die Summe, von welcher man 7 so oft als möglich wegwirft, der gesuchte Sonntagbuchstabe. Für 1814 war der Sonnencyklus = 14, also der Sonntagbuchstabe $\frac{14}{4}$ + 14 = 17, d. h. 3.

§. 40.

Der *gregorianische* Sonntagbuchstabe L′ für ein gegebenes Jahr $\mathfrak{A}$ wird mittelst der Formel

$$L' = 7n + 6 - \mathfrak{A} - \tfrac{1}{4}\,\mathfrak{A} + (S - 16) - \tfrac{1}{4}(S - 16)$$

gefunden, worin S die bis zum Jahre $\mathfrak{A}$ verflossenen Jahrhunderte bedeutet, im vierten und letzten Gliede nur die Ganzen eingerechnet werden, und n denselben Zweck wie vorhin hat. Weil nämlich i. J. 1582 zehn Tage eliminirt wurden, so ging der Sonntagbuchstabe mit einmal um 10 Stellen vorwärts, wie das folgende Täfelchen zeigt.

Sept.	30.	☉. G.	Octob.	6.	— F.	Octob.	12.	— E.
Octob.	1.	☾. A.	„	7.	— C.	„	13.	— F.
„	2.	♂. B.	„	8.	— A.	„	14.	— G.
„	3.	☿. C.	„	9.	— B.	„	15.	♀. H.
„	4.	♃. D.	„	10.	— C.	„	16.	♄. B.
„	5.	— E.	„	11.	— D.	„	17.	☉. C.

Deshalb kömmt an die Stelle der Zahl 3, welche in der vorigen Formel steht, nunmehr 6 + 10 = 7 + 6 oder vielmehr nur 6, weil 7 schon in 7n enthalten ist. Ferner fallen seit 1582 d. i. seit dem 16. Jahrhunderte in 400 Jahren 3 julianische Schalttage aus, und die gregorianischen Sonntagbuchstaben gehen eben so oft um eine Stelle weniger als die julianischen zurück, wodurch noch die Verbesserung $+\frac{1}{4}(S-16) = +(S-16)-\frac{3}{4}(S-16)$ nöthig wird. So ist z. B. für 1852 . . $L' = (7 \times 830) + 6 - 1582 - 463 + 2 = 3 = C$, also wegen des Schaltjahres $L' = DC$.

§. 41.

Die Chronologen tragen den Sonnencyklus und die Reihe der julianischen Sonntagbuchstaben noch weiter zurück als bis auf das Jahr 9 a. Æ. V. Um aber die Rechnung für eines dieser frühern Jahre zu machen, muss man sich alle immerwährenden julianischen Sonntagbuchstaben für einen ganzen Sonnencyklus vorwärts und rückwärts d. h. für die Jahre Æ. V. und für die Jahre a. Æ. V. zusammen stellen.

1.	28.	GF.	9.	20.	DC.	17.	12.	AG.	25.	4.	ED.
2.	27.	E.	10.	19.	B.	18.	11.	F.	26.	3.	C.
3.	26.	D.	11.	18.	A.	19.	10.	E.	27.	2.	B.
4.	25.	C.	12.	17.	G.	20.	9.	D.	28.	1.	A.
5.	24.	BA.	13.	16.	FE.	21.	8.	CB.			
6.	23.	G.	14.	15.	D.	22.	7.	A.			
7.	22.	F.	15.	14.	C.	23.	6.	G.			
8.	21.	E.	16.	13.	B.	24.	5.	F.			

Es war nämlich, wie schon oben gesagt, das Jahr 9 a. Æ. V. das erste Jahr des ersten Sonnencyklus nach Dionysianischer Anordnung; mithin war das 10. a. Æ. V. das letzte oder, wenn man diese Cyklen *rückwärts* fortsetzt, das erste des zunächst vorhergehenden Cyklus; es gehört ihm also A an u. s. w. Soll man nun für ein gegebenes Jahr 2 a. Æ. V. den Sonntagbuchstaben finden, so vermindert man 2 um 9 und dividirt den Rest durch 28. Der Quotient besagt, wie viele Cyklen, angefangen vom 10. Jahre a. Æ. V. und rückwärts gezählt, bis zu dem gegebenen Jahre verflossen sind, der Rest aber gibt gemäss der zwei-

ten Spalte des obigen Täfelchens die Stelle, welche, wieder rückwärts gezählt, dieses Jahr in seinem Cyklus einnimmt; es ist das letzte, wenn der Rest Null ist. Dabei ist eine besondere Berechnung, ob 2 als ein Gemein- oder ein Schaltjahr zu nehmen sey, nicht nothwendig, weil diess aus dem Täfelchen sich von selbst ergibt. Man habe z. B. den julianischen Sonntagbuchstaben für 533 und 4004 a. Æ. V. zu suchen, so ist

$$\frac{533 - 9}{28} = 18 + \frac{20}{28}; \quad \frac{4004 - 9}{28} = 142 + \frac{19}{28},$$

und es sind im ersten Falle 18, im andern 142 Cyklen vom 10. Jahre a. Æ. V. angefangen und rückwärts gezählt verflossen; in derselben Richtung ist das eine das 20. und das andere das 19. Jahr in den genannten Cyklen, weshalb jenem DC und diesem B zugehört, und das erste mit einem Donnerstag, das andere mit einem Sonnabend anfing.

Nimmt man jedoch für den Anfang der Sonnencyklen unter der Bedingung, dass nur *vorwärts* gezählt werde, einen andern Zeitpunkt, z. B. 4004 a. Æ. V., so muss vor Allem berücksichtigt werden, dass dieses laut des obigen Täfelchens, in welchem 10 in der vierten Spalte neben 19 in der fünften steht, das 10. in seinem Cyklus ist. Für das Jahr 3472 z. B., das kein anderes als 533 a. Æ. V. ist, hat man $\frac{3472 + 9}{28} = 124 + \frac{9}{28}$; neben 9 in der vierten Spalte steht wieder DC. Oder für 330 Æ. V. erhält man $\frac{4004 + 9 + 330}{28} = 155 + \frac{3}{28}$, mithin D.

In Bezug auf §. 25. Nr. 5. und auf spätere Untersuchungen ist die folgende Tafel construirt worden.

Jahr.		Sonnt.-Buchst.		Jahr.		Sonnt.-Buchst.	
		römisch	julian.			römisch	julian.
45.a.Æ.V.	709.U.C.	CB.	CB.	5.a.Æ.V.	749.U.C.	G.	BA.
44.	710.	A.	A.	4.	750.	F.	G.
43.	711.	G.	G.	3.	751.	E.	F.
42.	712.	F.	F.	2.	752.	D.	E.
41.	713.	ED.	ED.	1.	753.	C.	DC.
40.	714.	C.	C.	1. Æ. V.	754.	B.	B.
39.	715.	B.	B.	2.	755.	A.	A.
38.	716.	AG.	A.	3.	756.	G.	G.
37.	717.	F.	GF.	4.	757.	FE.	FE.
36.	718.	E.	E.	5.	758.		D.
35.	719.	DC.	D.	6.	759.		C.
34.	720.	B.	C.	7.	760.		B.
33.	721.	A.	BA.	8.	761.		AG.
32.	722.	GF.	G.	9.	762.		F.
31.	723.	E.	F.	10.	763.		E.
30.	724.	D.	E.	11.	764.		D.
29.	725.	CB.	DC.	12.	765.		CB.
28.	726.	A.	B.	13.	766.		A.
27.	727.	G.	A.	14.	767.		G.
26.	728.	FE.	G.	15.	768.		F.
25.	729.	D.	FE.	16.	769.		ED.
24.	730.	C.	D.	17.	770.		C.
23.	731.	BA.	C.	18.	771.		B.
22.	732.	G.	B.	19.	772.		A.
21.	733.	F.	AG.	20.	773.		GF.
20.	734.	ED.	F.	21.	774.		E.
19.	735.	C.	E.	22.	775.		D.
18.	736.	B.	D.	23.	776.		C.
17.	737.	AG.	CB.	24.	777.		BA.
16.	738.	F.	A.	25.	778.		G.
15.	739.	E.	G.	26.	779.		F.
14.	740.	DC.	F.	27.	780.		E.
13.	741.	B.	ED.	28.	781.		DC.
12.	742.	A.	C.	29.	782.		B.
11.	743.	GF.	B.	30.	783.		A.
10.	744.	E.	A.	31.	784.		G.
9.	745.	D.	GF.	32.	785.		FE.
8.	746.	C.	E.	33.	786.		D.
7.	747.	B.	D.	34.	787.		C.
6.	748.	A.	C.	35.	788.		B.

§. 42.

Der Sonntagbuchstabe dient, um zu jedem gegebenen Monattag den Wochentag und zu jedem gegebenen Wochentag den Monattag zu finden. Das erste ist namentlich bei alten Urkunden oft nothwendig, weil in denselben gemeiniglich nur die Wochentage genannt werden. Die Rechnung wird durch die nachstehende Tabelle erleichtert, welche von Monat zu Monat, für das Gemein- und das Schaltjahr die *gesammelten* Tage angibt.

Januar	31	31	Juli	212	213
Februar	59	60	August	243	244
März	90	91	Septemb.	273	274
April	120	121	October	304	305
Mai	151	152	Novemb.	334	335
Juni	181	182	Decemb.	365	366

I. *Die Verwandlung eines gegebenen Monattages in den Wochentag* geschieht auf folgende Weise:

1) Man bestimmt den Sonntagbuchstaben, wobei in den Schaltjahren der zweite gilt, und daraus den ersten, in Gemeinjahren wirklichen und in Schaltjahren ideellen, Wochentag des gegebenen Jahres.

2) Man zählt dann die Tage, die bis zu dem gegebenen, diesen mitgerechnet, verflossen sind, was durch obige Tabelle erleichtert wird.

3) Man dividirt endlich diese Summe durch 7 und setzt, wenn kein Rest bleibt, für den gegebenen Monattag denselben Wochentag, welcher für den 1. Januar gefunden worden, oder zählt, wenn ein Rest vorhanden ist, von diesem Wochentage um so viele Tage weiter fort, als derselbe Einheiten hat weniger eine.

Z. B. Welcher *julianische* Wochentag war der 15. März 44 a. Æ. V., an welchem Julius Caesar im Senate erstochen worden ist? — Es ist $\frac{44 - 9}{28} = 1 + \frac{7}{28}$ mit A, also war der 1. Januar dieses Jahres ein Sonntag; dann ist $\frac{59 + 15}{7} = 10 + \frac{4}{7}$; also vom Sonntag um 3 Tage weiter gezählt, erhält man den Mittwoch als Caesars Todes-

tag. — Für den 27. März 1852 ist L = FE, wovon E genommen wird; also zählt man vom Mittwoch angefangen durch 31 + 29 + 27 Tage, deren Summe durch 7 dividirt den Rest 3 gibt; dieser um 1 vermindert führt zum Donnerstag.

4) Ist jedoch eine solche Rechnung für den Zeitraum vom Jahre 44 a. Æ. V. bis zum Jahre 4 Æ. V. zu machen, so darf nicht vergessen werden, was im §. 25. Nr. 5. gesagt ist, und im §. 41. steht.

II. *Die Verwandlung eines gegebenen Wochentages nach einem benannten Festtage in den Monattag* geschieht in dieser Weise:

1) Man sucht, an welchem Monattage der benannte Festtag fällt und welcher Wochentag demselben entspricht.

2) Man zählt die Wochentage zwischen dem eben gefundenen und dem gegebenen, und addirt sie zu dem obigen Monattage.

Z. B. Welcher *gregorianische* Monattag ist der Mittwoch nach Mariae Himmelfahrt 1829 gewesen? — Dieser Festtag ist der 15. August, welcher, wie man nach der vorigen Regel mittelst des gregorianischen Sonntagbuchstabens ausrechnen kann, i. J. 1829 ein Sonnabend war. Von diesem Tage bis zum Mittwoch, diesen mitgerechnet, sind 4 Tage; also ist das gesuchte Datum der $(15 + 4)^{te}$ = 19. August.

§. 43.

Die *Neujuden* haben von den Christen den Sonnencyklus entlehnt, und benutzen ihn zu demselben Zwecke wie diese; sie dividiren ebenfalls ihre Jahreszahl durch 28, wobei der Rest das laufende Jahr des Cyklus gibt, welches das letzte ist, wenn man keinen Rest erhält.

III. Mond- und Epakten-Cyklus.

§. 44.

Mondcyklus heisst eine wiederkehrende Reihe von 19 Jahren, nach deren Verlauf die Mondviertel wieder an den-

selben Tagen eintreffen sollen. *Meton* nämlich (§. 20) und nach ihm *Julius Caesar* nahmen an, dass 235 synodische Monate genau 19 tropischen, also auch julianischen Jahren gleichen, und dass folglich nach 19 solchen Jahren die Mondviertel genau wieder um die nämliche Zeit eintreffen müssten. Es ist auch, wenn x die Anzahl der tropischen Jahre und y die synodischen Monate eines und desselben Zeitraumes bedeuten,

$$365{,}24224\ x = 29{,}530587\ y$$

$$\frac{y}{x} = \frac{365{,}242240}{29{,}530587} = 12 + \cfrac{1}{2+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{2+\cfrac{1}{1+\ldots}}}}$$

woraus sich als ein dem wahren Werthe sehr naher Bruch $\frac{235}{19}$ ergibt. Es ist aber auch

$$365{,}25 \times 19 = 6939^d{,}750000$$
$$29{,}530587 \times 235 = 6939\ ,687945$$
$$\text{Unterschied} = \overline{0\ ,062055} = 1^h\ 29^m\ 21^s{,}552$$

und $\frac{0{,}062055}{19}\ x = 1^d$, also $x = 306{,}18$ Jahre. Mithin sind 235 synodische Monate um $1^h\ 29^m\ 21^s{,}552$ kürzer als 19 julianische Jahre, und treten nach 306,18 Jahren die Mondviertel um einen ganzen Tag früher ein, als sie nach Caesars Annahme eintreten sollten.

Diejenige Zahl, welche anzeigt, das wie vielte Jahr in einem Mondcyklus ein gegebenes sey, heisst die *goldene Zahl*, weil sie in den im Mittelalter gemachten Copien des immerwährenden julianischen Kalenders mit goldener Tinte geschrieben war, wegen ihrer vermeintlichen Wichtigkeit zur Berechnung der *Lunationen*, d. i. der cyklischen Neu- oder Vollmonde. (§. 9.).

§. 45.

Julius Caesar begann seinen ersten Mondcyklus mit dem Jahre 45 a. Æ. V.; mithin hatten die Jahre 45, 26, 7 a. Æ. V. die goldene Zahl 1, und für ein Jahr Æ. V. findet man dieselbe, wenn man es um 45 vermehrt und

diese Summe durch 19 dividirt, worauf der Quotient die Anzahl der bis dahin verflossenen ganzen Mondcyklen, und der Rest die gesuchte goldene Zahl gibt; bleibt kein Rest, so ist sie 19. Z. B. für 325 Æ. V. hat man 9 und für 532 Æ. V. 7 zur *goldenen Zahl im Sinne Caesars*, *wofür überhaupt* N gelten soll.

Die *Alexandriner* setzten einen Anfang ihrer Mondcyklen auf ihr Jahr 285 Æ. V. und legten ihnen die julianischen Jahre zum Grunde, jedoch in der dort gebräuchlichen Form, so dass der eben genannte Anfang auf den 29. August 284 Æ. V. kam (§. 11.). Von diesem Tage bis zu dem nämlichen des Jahres 532 Æ. V. waren 13 alexandrinische Mondcykel verflossen; demnach hatte das vom 29. August 531 bis zum 29. August 532 dauernde Jahr bei den Alexandrinern die goldene Zahl 1. Diese wurde von *Dionysius Exiguus* für 532 um so mehr adoptirt, als $532 = 28 \times 19$, mithin das Product der im Sonnencyklus enthaltenen Jahre mit den einen Mondcyklus betragenden ist. Freilich musste er dann den imaginären Anfang seiner Mondcyklen auf das Jahr 1 a. Æ. V. verlegen. Man findet demnach für ein gegebenes Jahr $\mathfrak{A}$ unserer Zeitrechnung die *goldene Zahl im Sinne des Dionysius*, *für welche überhaupt* N′ gelten soll, durch die Rechnung

$$\frac{\mathfrak{A}}{19} = n + \frac{a}{19} \text{ und } N' = a + 1;$$

z. B. für 325 ist N′ = 3. Uebrigens ist N′ nothwendigerweise für den julianischen und gregorianischen Kalender dieselbe und steht jährlich darin.

§. 46.

Epakten (ἡμεραι ἐπακται, eingeschaltete Tage) oder *Mondzeiger*, adjectiones Lunae, nennt man die Zahlen, welche für den Anfang eines bürgerlichen Jahres das *Mondalter* anzeigen, d. h. angeben, wie viele Tage seit dem letzten cyklischen Neumonde, dessen Tag mit eingerechnet, bis zum Anfange dieses Jahres verflossen sind. So hat man die Epakte X = 365 — 356 + 1 oder XXIX = 365 — 337 + 1 oder * = Null, wenn der letzte Neu-

mond des vorhergegangenen Jahres an dem 22. December oder dem 356. Tage, oder wenn er an dem 3. December oder dem 337. Tage eingetroffen ist, oder wenn der erste Neumond des gegebenen Jahres auf den 1. Januar selbst fällt. Weil ein synodischer Monat $29^d,53..$ beträgt, mithin 30 Tage bereits eine volle Lunation enthalten, so gibt es 30 Epakten von I bis *.

Um einen *vollständigen Epaktencyklus* d. h. die Epakten für alle Jahre eines Mondcyklus zu berechnen, schreitet man von der ersten Epakte 19 mal um 11 fort und lässt dabei 6 mal die vollgewordenen 30 und zuletzt noch 29 Tage hinweg. Weil nämlich der Unterschied zwischen dem julianischen Jahre und 12 synodischen Monaten = 365,25 — 354, 367044 = $10^d,882956$, d. i. 11 in ganzen Tagen gerechnet, beträgt, so wird um $19 \times 11 = 209$ fortgeschritten. Da aber zugleich $(30 \times 6) + 29 = 209$ ist, so dürfen das letzte mal nur 29 Tage hinweggelassen werden, um auf die Epakte des 20. Jahres zu kommen, welches das erste eines neuen Mondcyklus ist und wieder dieselbe Epakte wie das erste Jahr des vorigen Cyklus haben muss. Diesen Uebergang von der letzten Epakte auf die nächste erste durch Hinweglassung von 29 Tagen nennt man den *Sprung der Epakte*.

In der nachstehenden Tabelle sind alle möglichen Epaktencyklen enthalten, die in horizontaler Richtung zu lesen sind; oben stehen die goldenen Zahlen.

Allgemeine

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I.	XII.	XXIII.	IV.	XV.	XXVI.	VII.	XVIII.	XIX.	X.
II.	XIII.	XXIV.	V.	XVI.	XXVII.	VIII.	XIX.	*	XI.
III.	XIV.	XXV.	VI.	XVII.	XXVIII.	IX.	XX.	I.	XII.
IV.	XV.	XXVI.	VII.	XVIII.	XXIX.	X.	XXI.	II.	XIII.
V.	XVI.	XXVII.	VIII.	XIX.	*	XI.	XXII.	III.	XIV.
VI.	XVII.	XXVIII.	IX.	XX.	I.	XII.	XXIII.	IV.	XV.
VII.	XVIII.	XIX.	X.	XXI.	II.	XIII.	XXIV.	V.	XVI.
VIII.	XIX.	*	XI.	XXII.	III.	XIV.	XXV.	VI.	XVII.
IX.	XX.	I.	XII.	XXIII.	IV.	XV.	XXVI.	VII.	XVIII.
X.	XXI.	II.	XIII.	XXIV.	V.	XVI.	XXVII.	VIII.	XIX.
XI.	XXII.	III.	XIV.	XXV.	VI.	XVII.	XXVIII.	IX.	XI.
XII.	XXIII.	IV.	XV.	XXVI.	VII.	XVIII.	XIX.	X.	XXI.
XIII.	XXIV.	V.	XVI.	XXVII.	VIII.	XIX.	*	XI.	XXII.
XIV.	XXV.	VI.	XVII.	XXVIII.	IX.	XX.	I.	XII.	XXIII.
XV.	XXVI.	VII.	XVIII.	XXIX.	X.	XXI.	II.	XIII.	XXIV.
XVI.	XXVII.	VIII.	XIX.	*	XI.	XXII.	III.	XIV.	XXV.
XVII.	XXVIII.	IX.	XX.	I.	XII.	XXIII.	IV.	XV.	XXVI.
XVIII.	XIX.	X.	XXI.	II.	XIII.	XXIV.	V.	XVI.	XXVII.
XIX.	*	XI.	XXII.	III.	XIV.	XXV.	VI.	XVII.	XXVIII.
XX.	I.	XII.	XXIII.	IV.	XV.	XXVI.	VII.	XVIII.	XXIX.
XXI.	II.	XIII.	XXIV.	V.	XVI.	XXVII.	VIII.	XIX.	*
XXII.	III.	XIV.	XXV.	VI.	XVII.	XXVIII.	IX.	XX.	I.
XXIII.	IV.	XV.	XXVI.	VII.	XVIII.	XXIX.	X.	XXI.	II.
XXIV.	V.	XVI.	XXVII.	VIII.	XIX.	*	XI.	XXII.	III.
XXV.	VI.	XVII.	XXVIII.	IX.	XX.	I.	XII.	XXIII.	IV.
XXVI.	VII.	XVIII.	XXIX.	X.	XXI.	II.	XIII.	XXIV.	V.
XXVII.	VIII.	XIX.	*	XI.	XXII.	III.	XIV.	XXV.	VI.
XXVIII.	IX.	XX.	I.	XII.	XXIII.	IV.	XV.	XXVI.	VII.
XXIX.	X.	XXI.	II.	XIII.	XXIV.	V.	XVI.	XXVII.	VIII.
*	XI.	XXII.	III.	XIV.	XXV.	VI.	XVII.	XXVIII.	IX.

Epaktentafel.

11	12	13	14	15	16	17	18	19
XXI.	II.	XIII.	XXIV.	V.	XVI.	XXVII.	VIII.	XIX.
XXII.	III.	XIV.	25.	VI.	XVII.	XXVIII.	IX.	XX.
XXIII.	IV.	XV.	XXVI.	VII.	XVIII.	XXIX.	X.	XXI.
XXIV.	V.	XVI.	XXVII.	VIII.	XIX.	*	XI.	XXII.
XXV.	VI.	XVII.	XXVIII.	IX.	XX.	I.	XII.	XXIII.
XXVI.	VII.	XVIII.	XXIX.	X.	XXI.	II.	XIII.	XXIV.
XXVII.	VIII.	XIX.	*	XI.	XXII.	III.	XIV.	25.
XXVIII.	IX.	XX.	I.	XII.	XXIII.	IV.	XV.	XXVI.
XXIX.	X.	XXI.	II.	XIII.	XXIV.	V.	XVI.	XXVII.
*	XI.	XXII.	III.	XIV.	25.	VI.	XVII.	XXVIII.
I.	XII.	XXIII.	IV.	XV.	XXVI.	VII.	XVIII.	XXIX.
II.	XIII.	XXIV.	V.	XVI.	XXVII.	VIII.	XIX.	*
III.	XIV.	25.	VI.	XVII.	XXVIII.	IX.	XX.	I.
IV.	XV.	XXVI.	VII.	XVIII.	XXIX.	X.	XXI.	II.
V.	XVI.	XXVII.	VIII.	XIX.	*	XI.	XXII.	III.
VI.	XVII.	XXVIII.	IX.	XX.	I.	XII.	XXIII.	IV.
VII.	XVIII.	XIX.	X.	XXI.	II.	XIII.	XXIV.	V.
VIII.	XIX.	*	XI.	XXII.	III.	XIV.	25.	VI.
IX.	XX.	I.	XII.	XXIII.	IV.	XV.	XXVI.	VII.
X.	XXI.	II.	XIII.	XXIV.	V.	XVI.	XXVII.	VIII.
XI.	XXII.	III.	XIV.	25.	VI.	XVII.	XXVIII.	IX.
XII.	XXIII.	IV.	XV.	XXVI.	VII.	XVIII.	XXIX.	X.
XIII.	XXIV.	V.	XVI.	XXVII.	VIII.	XIX.	*	XI.
XIV.	25.	VI.	XVII.	XXVIII.	IX.	XX.	I.	XII.
XV.	XXVI.	VII.	XVIII.	XXIX.	X.	XXI.	II.	XIII.
XVI.	XXVII.	VIII.	XIX.	*	XI.	XXII.	III.	XIV.
XVII.	XXVIII.	IX.	XX.	I.	XII.	XXIII.	IV.	XV.
XVIII.	XIX.	X.	XXI.	II.	XIII.	XXIV.	V.	XVI.
XIX.	*	XI.	XXII.	III.	XIV.	25.	VI.	XVII.
XX.	I.	XII.	XXIII.	IV.	XV.	XXVI.	VII.	XVIII.

§. 47.

Um für einen gegebenen Mondcyklus die erste oder überhaupt für ein gegebenes Jahr die treffende Epakte zu finden, hat man dreierlei Wege, wonach man die *julianischen*, die *dionysianischen* oder *immerwährenden*, und die *gregorianischen* Epakten von einander unterscheidet.

Julius Caesar verband mit seinem verbesserten Jahre den Mondcyklus, und gab dem ersten Jahre die Epakte *. Es traf zwar damals der erste wahre Neumond auf den 2. Januar und der mittlere auf den 1. Januar (§. 24.), so dass dieser Ausgangpunkt der julianischen Epakten nicht die erforderliche Genauigkeit zu haben scheint. Da jedoch das Jahr 45 a. Æ. V. ein Schaltjahr war, so blieb jedenfalls die Epakte des Jahres 44 richtig, indem das fehlerhafte Voreilen um einen Tag dieselbe um eben so viel vergrössert hätte, als sie durch den Schalttag vermindert wurde. Deshalb war der *julianische* Epaktencyklus anfangs mit aller Genauigkeit derjenige, welcher in obiger Tafel zuletzt steht und den Sprung von XVIII auf * macht. Jede einzelne Epakte desselben ist, wenn man sie mit e und die goldene Zahl im Sinne Caesars mit N bezeichnet, zu finden durch die Formel

$$\frac{11\,N - 11}{30} = m + \frac{e}{30}.$$

Auch diese Epakten erreichen nach 306,18 Jahren einen Fehler von 1 Tag. Man macht nämlich bei jedem Fortschreiten um 11 Tage einen Fehler von

$$11 - 10{,}882956 = 0^d{,}117044 \text{ (§. 16.)},$$

also in dem 19jährigen Cyklus einen Fehler von

$$0{,}117044 \times 19 = 2^d{,}223836 \text{ (1.)}.$$

Die sechsmalige Elimination von 30^d ist zu gross um

$$6(30 - 29{,}530587) = 2^d{,}816478;$$

Einmal werden 29^d d. i. um 0,530587 zu wenig, also im Ganzen zu viel eliminirt um

$$2{,}816478 - 0{,}530587 = 2^d{,}285891 \text{ (2.)}.$$

Zieht man den Werth (2.) von (1.) ab, so erhält man

$$2{,}285891 - 2{,}223836 = 0^d{,}062055,$$

also genau so viel, wie sich im §. 44 ergeben hat. Des-

halb müssen die Epakten nach je 306,18 Jahren ebenfalls um 1 vorgerückt werden, was man die *Mondgleichung* nennt. Um diese für ein gegebenes Jahr $\mathfrak{J}$ Æ. V. zu bestimmen, hat man Folgendes zu berücksichtigen: a) die Epakte gibt das Mondalter für den Anfang des Jahres d. i. für $0^d\,0^h\,0^m\,0^s$; b) der erste mittlere Neumond des Jahres 45 a. Æ. V. traf auf den 1. Januar Abends $6^h\,16^m$ d. i. auf $0^d\,18^h\,16^m = 0^d{,}761$; c) deshalb muss jedes vorerwähnte Vorauseilen des ersten Neumondes oder Verrücken der Epakte um diesen Betrag vermindert werden. Diesem zufolge dienen zur Berechnung einer *julianischen Epakte mit der Mondgleichung* d. h. der Epakte E für ein gegebenes Jahr $\mathfrak{J}$ die Formeln:

$$\frac{\mathfrak{J}+45}{19} = n + \frac{N}{19}; \quad \frac{11N-11}{30} = m + \frac{e}{30}; \quad \frac{\mathfrak{J}+45}{306{,}18} = \alpha;$$

$$\alpha - 0{,}761 = \beta; \quad E = e + \beta;$$

z. B. für 532 und 1583 Æ. V. hat man

$N = 7$; $e = VI$; $\alpha = 1{,}884$; $\beta = 1{,}123$; $E = VI + 2 = VIII$.

$N = 13$; $e = XII$; $\alpha = 5{,}317$; $\beta = 4{,}556$; $E = XII + 5 = XVII$.

Die goldene Zahl 7 mit der Epakte VIII gehört dem zweiten und 13 mit XVII dem fünften Cyklus in der allgemeinen Epaktentafel an.

Bei diesen Epakten ist noch zu berücksichtigen, dass sie sich vom Jahre 45 a. Æ. V. bis zum Jahre 4. Æ. V. anders gestaltet haben, als der ursprünglichen Anordnung Caesars entsprach. (§. 25. N°. 5.). Diese Abweichungen lassen sich leicht in einer Tabelle zusammenstellen, deren Entwurf hier folgt und woraus man erkennt, dass der julianische Epaktencyklus erst mit dem Jahre 4 Æ. V. in Gang gekommen ist.

Jahr.	N.	Epakte: wahre.	falsche.
a. Æ. V. 45	1.	*	*
23	13.	XII.	XIII.
21	6.	XV.	XVII.
9	18.	VII.	X.
5	3.	XXII.	XXIV.
Æ. V. 1	7.	VI.	VII.
4	11.	XX.	XX.
8	15.	IV.	IV.

§. 48.

Die *immerwährenden* Epakten, in unsern Kalendern die *julianischen* genannt, stammen von *Dionysius Exiguus* her, und hiessen deshalb besser *dionysianische*. Er wollte dadurch die Auffindung der sogenannten Osterneumonde erleichtern. Unter *Neumonden* versteht man aber bei der Berechnung der Osterfeier nicht die wahre Conjunction der Sonne und des Mondes, sondern die mittlere, unter *Osterneumond* insbesondere diejenige, welche zunächst nach dem Frühlingaequinoctium eintritt. Die Alexandriner setzten diese Nachtgleiche auf den 21. März und meinten, dass sie an diesem Tage haften werde. In dem beliebig gewählten Jahre des Cyklus bestimmten sie den Osterneumond unmittelbar durch Beobachtung und fanden den 23. März. Da auf 12 mittlere synodische Monate nahe 354 Tage gehen, so erhielten sie, um so viele Tage vorwärts rechnend, den 12. März als Osterneumond des zweiten Jahres. Gingen sie abermal um 354 Tage weiter, so gelangten sie bis zum 1. März und, indem sie noch 30 Tage hinzuaddirten, zum 31. März. Dieser letztere liegt dem 21. März näher als der 1., und wurde somit der Osterneumond des dritten Jahres. Auf diese Weise bald 354, bald 384 Tage vorwärts gehend, wie es die Rücksicht auf die Nachtgleiche erforderte, bestimmten sie die Osterneumonde durch alle 19 Jahre des Cyklus. Man sieht, besonders aus der folgenden Tabelle, dass sie von einem Jahre zum andern *entweder* 11 *Tage weniger oder* 30 — 11 = 19 *Tage mehr* nehmen mussten. Nur vom 4. April, dem Osterneumonde des 19. Jahres, konnten sie zum 23. März, von dem sie ausgegangen, nicht anders zurückkommen, als indem sie nicht 11, sondern 12 Tage weniger zählten. Sie mussten aber zum 23. März zurückkehren, weil sonst die cyklischen Neumonde im Verlaufe des ganzen Zeitkreises sich zu weit von den astronomischen entfernt hätten.

Dionysius E. behielt nicht nur die goldene Zahl der Alexandriner (§. 45.) bei, sondern auch ihre Osterneumonde, wie diese auch von dem Concilium zu Nicäa angenommen worden waren. Er suchte aber dieselben mit einem Epak-

tencyklus in Verbindung zu bringen, indem er die Epakten derjenigen, welcher der gilte in der allgemeinen Tafel ist, nach der Reihe von dem 3. April, oder dem 93. Tage des Jahres subtrahirte. Dieses alles steht umständlich in der folgenden Tabelle der Osterneumonde.

N.	Monattage.	Summirte Tage.	Alexandriner.	Dionysius.
1.	23. März	82	11	93 — XI
2.	12. „	71	82 — 11	93 — XXII
3.	31. „	90	71 — 11 + 30	93 — III
4.	20. „	79	90 — 11	93 — XIV
5.	9. „	68	79 — 11	93 — XXV
6.	28. „	87	68 — 11 + 30	93 — VI
7.	17. „	76	87 — 11	93 — XVII
8.	5. April	95	76 — 11 + 30	93 — XXVIII + 30
9.	25. März	84	95 — 11	93 — IX
10.	14. „	73	84 — 11	93 — XX
11.	2. April	92	73 — 11 + 30	93 — I
12.	22. März	81	92 — 11	93 — XII
13.	11. „	70	81 — 11	93 — XXIII
14.	30. „	89	70 — 11 + 30	93 — IV
15.	19. „	78	89 — 11	93 — XV
16.	8. „	67	78 — 11	93 — XXVI
17.	27. „	86	67 — 11 + 30	93 — VII
18.	16. „	75	86 — 11	93 — XVIII
19.	4. April	94	75 — 11	93 — XXIX + 30

§. 49.

Man überzeugt sich leicht, dass die Osterneumonde zwischen dem 8. März und 5. April, diese Tage mitgerechnet, fallen. Auf die julianischen Schalttage konnte hiebei keine Rücksicht genommen werden, weil der 19jährige Cyklus dem 4jährigen Schaltkreise incommensurabel ist, und sich beide erst nach $4 \times 19 = 76$ Jahren ausgleichen. Obige Neumonde sind also bestimmt, als wenn es keine Schalttage gäbe,* wodurch ein Schwanken der erstern entsteht. Deshalb und noch mehr wegen desjenigen, was im §. 44 gesagt worden ist, sind *immerwährende* Epakten überhaupt, und als solche die *dionysianischen* insbesondere, widernatürlich. Letztere waren i. J. 532 schon um 3 grösser, als die mit der Mondgleichung verbesserten julianischen, trafen nach

$306,18 \times 3 = 919,54$ Jahren mit diesen zusammen, und drässten nach abermal 306,18 Jahren wieder um einen Tag davon abweichen. Sie waren demnach nur von 1451 bis 1756 einschliesslich richtig, und können keineswegs für die Jahre vor 532 Æ. V. richtig seyn. Uebrigens findet man für ein gegebenes Jahr $\mathfrak{A}$ Æ. V. die *dionysianische Epakte* E' durch die Formeln:

$$\frac{\mathfrak{A}}{19} = n + \frac{a}{19};\ N' = a + 1;\ \frac{11N'}{30} = m + \frac{E'}{30}.$$

Diese Epakte E' ist identisch mit der *Osnowanie* oder, wie sie auch genannt wird, *Basis des russischen Kalenders*, daher man sie auf die nämliche Art wie jene aus N', das immer der um 3 vermehrten goldenen Zahl der Russen gleich ist, bestimmt. Für 1814 z. B. ist letztere = 7, N' = 10, die Osnowanie = XX. Dagegen verstehen die Russen unter Epakte diejenige Zahl, welche man zur Osnowanie addiren muss, um 21 oder 51 zu erhalten. Das Jahr 1814 hat also die *russische Epakte* I.

§. 50.

Der zeitweise sich ändernde *gregorianische* Epaktencyklus ist in folgenden Formeln dargestellt:

$$\frac{\mathfrak{A}}{19} = n + \frac{a}{19};\ N' = a + 1;\ \frac{11N' - 10}{30} = m = \frac{s}{30};$$

$$E = s - (S - 16) + \tfrac{1}{4}(S - 16) + \frac{S - 15}{3};$$

worin für ein gegebenes Jahr $\mathfrak{A}$ (nach 1582) die goldene Zahl im Sinne des Dionysius durch N', die gregorianische Epakte durch E und die bis dahin verflossenen Jahrhunderte durch S ausgedrückt sind, von den letztern zwei Gliedern nur die Ganzen, und jedesmal, wenn für E ein negativer Werth entstände, noch 30 Tage hinzugerechnet werden. Es ist z. B. für 1842 . . . , N' = 1; s = 1; E = 30 = *;

1852 . . . N' = 10; s = 10; E = IX.

Die Entwickelung der Formel geschieht in folgender Weise:

1) Es ist (§. 47.) für 1583 die julianische mit der Mondgleichung verbesserte Epakte = XVII. Weil im October 1582 zehn Tage weggelassen worden sind (§. 28.), so

muss auch diese Epakte um 10 vermindert werden, und beträgt dann nur VII. Man hat aber für 1583 auch $N' = 7$. Mithin war für den gregorianischen Kalender anfänglich derjenige Cyklus nothwendig, welcher der erste in der allgemeinen Epaktentafel ist. — *Lilius* kam bei seinen Vorschlägen auf einem andern Wege zu demselben Resultate. In der damals geltenden Epaktenreihe des *Dionysius* traf für das erste Jahr des Mondcyklus der erste cyklische Neumond auf den 23. Januar; denn es gibt $23 + (2 \times 29{,}5) = 23 + 29 + 30 = 82$. Tag im Jahre = 23. März wie im §. 48. Der julianische 23. Januar ist der gregorianische 2. Februar = 33. Januar. Da der Neumond an diesem Tage unmöglich der erste im Jahre seyn kann, so fiel dieser vielmehr auf den $33 - 30 = 3$. Januar. Der Cyklus hatte sich seit 532 um etwa 8 Tage vom wahren Mondlaufe entfernt; denn es ist $\frac{1582 - 532}{306{,}18} = 3{,}26 \ldots$; daher nahm *Lilius* statt des 3. Januars den vorhergehenden 31. December als Neumondtag an, so dass mit dem ersten Tage des Cyklus die Epakte I, daher wieder mit $N' = 7$ die Epakte VII zusammentraf.

2) Der erste gregorianische Cyklus musste im Verlaufe der Zeit Aenderungen erleiden. Bereits im Jahre 1700 fiel ein Schalttag aus, und überhaupt wurden innerhalb 4 Jahrhunderten 3 Schalttage ausgelassen (§. 28.). So oft dieses geschieht, muss auch die Epakte um 1 verringert werden, indem sonst eben so oft die Mondviertel um 1 Tag zu spät angesetzt würden. Diese Verminderung der Epakten nennt man die *Sonnengleichung* und hat, weil sie i. J. 1700 d. i. mit dem Ende des 16. Jahrhunderts zum erstenmal statt fand, dafür den Ausdruck: $-\frac{1}{4}(S - 16) = -(S - 16) + \frac{1}{4}(S - 16)$.

3) Die *Mondgleichung* findet alle 306,18 oder in runder Zahl alle 300 Jahre statt. Da die Verbesserung der Epakte im Jahre 1583, also nach Ablauf des 15. Jahrhunderts geschehen ist, so ist hier jene Gleichung ausgedrückt durch $+\frac{S + 15}{3}$.

4) Im gegenwärtigen Jahrhunderte beträgt die Sonnen- und Mondgleichung zusammen — 1, also, ist dermal der Epaktencyklus der nämliche wie der ursprünglich von Julius Caesar aufgestellte.

§. 51.

Die Bestimmung der *cyklischen* oder *kirchlichen Neumonde* erfolgt entweder auf dieselbe Art, wie oben (§. 48.) von den Alexandrinern gesagt wurde, oder mittelst der Epakten. Die letztere Methode soll hier erörtert werden.

1) Man verfertigt ein Verzeichniss sämmtlicher Monattage des Jahres, den Schalttag aus dem im §. 49. angegebenen Grunde ausgenommen.

2) Weil jedesmal das erste Neulicht eines Jahres auf den (31—E)ten Januar, mithin wie jeden Neumond überhaupt, desto früher fällt, je grösser die Epakte E ist, so schreibt man * zum 1., XXIX zum 2., und XXVIII zum 3. Januar u. s. w. Bei diesem Rückwärtszählen hat der 31. Januar wieder * und der 1. Februar XXIX. Da aber hier die Lunationen mit 30 und 29 Tagen wechseln sollen, so muss in der 2., 4., 6., 8., 10. und 12. Zahlenfolge ein Tag ausfallen. Aus dieser Ursache müssen eben so oft zwei Epakten auf einen und denselben Tag kommen, wodurch im Ganzen (30 × 12) — 6 = 354 Tage bezeichnet werden und mit dem 20. December das Mondjahr endigt, welches mit dem 1. Januar angefangen hat. Die Tage nach dem 20. December erhalten die nämlichen Epakten, wie die ersten 11 Tage des Januars.

3) Alle Tage im Jahre, bei denen die nämliche Epakte steht, sind die Neumondtage desselben.

Bezeichnet man ausserdem noch jeden Tag mit einem der 7 ersten Buchstaben des Alphabets, den 1. Januar mit A, den 2. mit B u. s. w. (§. 38.), so werden in einem gegebenen Jahre, dessen Sonntagbuchstabe bekannt ist, alle mit diesem bezeichneten Tage Sonntage seyn. In einem Schaltjahre aber werden, wie früher erklärt, nach dem Schalttage die Sonntage diejenigen Buchstaben haben, welcher dem andern im Alphabete vorangeht. Eine solche Zusammenstellung der Epakten und Sonntagbuchstaben heisst ein *immerwährender* oder *ewiger Kalender*.

§. 52.

Als *Doppelepakte* hatte *Julius Caesar* XXX. XIIX. oder nach seiner Schreibart O. XXIX gewählt; *Lilius* dagegen setzte in seinem Entwurfe des verbesserten Kalenders dafür XXX. w.; beide aber stellten ihre Doppelepakte neben den 31. Januar, 31. März, 29. Mai, 27. Julius, 24. September und 22. November. Dagegen war in dem 1582 publicirten gregorianischen Kalender, vermöglich aus Veranlassung des *Clavius*, XXV. XXIV. zur Doppelepakte gewählt und neben den 5. Februar, 5. April, 3. Juni, 1. August, 29. September und 27. November gesetzt, wie es noch jetzt gebräuchlich ist. Diese neue Disposition geschah nicht willkührlich, wie *Brandes* im physik. Wörterbuche von Gehler-Muncke V. 824 meint, sondern aus folgenden Gründen.

Die Alexandriner, so wie die Väter des Conciliums zu Nicaea, hatten jedem mit dem Osterneumonde beginnenden Monat d. h. jedem *Ostermonate* 29 Tage zugerechnet, und es war deshalb nothwendig, diese Anordnung auch im verbesserten Kalender nicht unberücksichtigt zu lassen. Nach dem Vorschlage des *Lilius* jedoch würden von den 30 Ostermonaten, welche den 30 Epaktenreihen angehören, 7 eine Dauer von 30 Tagen erhalten haben, während dieses bei der Modification des *Clavius* nur zweimal der Fall ist. Man hat nämlich den Ostermonat nach

Lilius für die Epakte IV. vom 30. März bis 29. April
„ XXIX. „ 31. „ „ „ 30. „
„ XXVIII. „ 1. April „ 1. Mai
„ XXVII. „ 2. „ „ 2. „
„ XXVI. „ 3. „ „ 3. „
„ XXV. „ 4. „ „ 4. „
„ XXIV. „ 5. „ „ 5. „

Clavius für die Epakte 25. „ 4. „ „ 4. „
„ XXIV. „ 5. „ „ 5. „

§. 53.

Die Epakte XXV kommt in zweierlei Gestalt vor. Sind die Epakten überhaupt und diese auch XXV schwarz gedruckt, so ist sie nach alt *Kalendariographie* nicht vorhan-

den, und umgekehrt; wenn die andern mit römischen Ziffern gedruckt sind, so ist es die Sonderlingepakte mit arabischen, und umgekehrt. Man findet sie auch, jedoch nicht immer an der rechten Stelle, in den aus dem Werke des Clavius nachgedruckten ewigen Kalendern des römischen Breviers und Missale; sie steht dort als 25 siebenmal neben XXV. und sechsmal d. i. so oft als XXV. XXIV. vorkömmt, um einen Tag früher als diese neben XXVI. In ähnlicher Weise hatte Lilius * I. und * 1 w. vertheilt, wobei * = w = XXX war. Umständlicher zeigt dies das folgende Täfelchen.

25. XXV.	25. XXVI.	* I.	* w.
6. Januar.	4. Februar.	30. Januar.	1. Januar.
6. März.	4. April.	30. März.	1. März.
4. Mai.	2. Junius.	28. Mai.	29. April.
2. Julius.	31. Julius.	26. Julius.	27. Junius.
30. August.	28. September.	23. Septemb.	25. August.
28. October.	26. November.	21. Novemb.	23. October.
26. December.			21. December.

Für den Gebrauch der Sonderlingepakte dient folgende Regel: *Wenn die goldene Zahl N' desjenigen Jahres, dessen Epakte XXV ist, nicht grösser als* 11 *ist, so ist der neben XXV stehende Monatstag der Tag des Neumondes; ist dagegen N' grösser als* 11, *so gelten als Neumondtage diejenigen, bei denen* 25 *steht.*

Die sechsmalige Verschiebung der Sonderlingepakte 25 um einen Tag rückwärts beruht auf folgenden Gründen:

1) Aus der allgemeinen Epaktentafel (§. 46.) ersieht man, dass jedesmal, wenn N' grösser als 11 ist, XXV und XXIV in einem und demselben neunzehnjährigen Cyklus vorkommen. Es würden deshalb in einem solchen sechsmal d. i. am 5. Februar, 5. April u. s. w. zwei Neumonde auf das nämliche Datum treffen, während nach der Theorie des Mondcyklus die Mondviertel erst nach 19 Jahren wieder auf die nämlichen Tage kommen können. Deshalb muss 25 verschoben werden.

2) Die allgemeine Epaktentafel gibt aber auch zu erkennen, dass, wenn XXV und XXIV zugleich in einem Cyklus vorkommen, niemals XXVI demselben angehört. Aus

dieser Ursache kann, wenn 25 neben XXVI zu stehen kömmt, nicht geschehen, dass in einem und demselben Cyklus zwei Neumonde auf dasselbe Datum kämen.

3) Dadurch, dass sechs Neumonde um einen Tag früher eingestellt werden, entsteht keine Störung im Cyklus, weil dessen Neumonde ohnediess, so oft N' grösser als 11 ist, etwas zu spät eintreffen. Zugleich entsprechen die der Epakte 25 zugehörigen Neumonde besser als die der Epakte XXV angehörigen dem regelmässigen Wechsel in der Dauer der Lunationen. Ordnet man nämlich die Resultate des, vom §. 52. bis hieher angegebenen Verfahrens nach der Reihe der Epakten so, wie die nachfolgende Tabelle zeigt, und dann die Neumonde selbst so, wie sie in einem neunzehnjährigen Cyklus auf einander folgen, so findet man, dass alle im Januar sich endigenden Lunationen 30 und die im Februar zu Ende gehenden, die für XXV bis * einschlüssig geltenden ausgenommen, 29 Tage zählen, worauf dann regelmässig 30 und 29 Tage mit einander abwechseln. In diesen sechs Ausnahmfällen zählt auch die im Februar abschliessende Lunation 30 Tage, und dann erst beginnt der regelmässige Wechsel. Dagegen bringt die Sonderlingsepakte 25 die im Februar endigende Lunation auf 29 Tage. Freilich könnte man fragen, warum es für die Epakten XXV bis * einschlüssig dabei belassen worden ist, dass hier zwei Lunationen mit je 30 Tagen unmittelbar auf einander folgen. Allein es ist, wie *Clavius* sagt, „melius, saltem unam lunationem corrigere, quam omnes relinquere incorrectas", und „id naturae Cycli adscribendum; nullus enim Cyclus omnia incommoda vitare potest".

Tafel der cyklischen Neumonde.

E.	Jan.	Febr.	März	April.	Mai.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Octbr.	Novbr.	Decbr.
I.	30	28	30	28	28	26	26	24	23	22	21	20
II.	29	27	29	27	27	25	25	23	22	21	20	19
III.	28	26	28	26	26	24	24	22	21	20	19	18
IV.	27	25	27	25	25	23	23	21	20	19	18	17
V.	26	24	26	24	24	22	22	20	19	18	17	16
VI.	25	23	25	23	23	21	21	19	18	17	16	15
VII.	24	22	24	22	22	20	20	18	17	16	15	14
VIII.	23	21	23	21	21	19	19	17	16	15	14	13
IX.	22	20	22	20	20	18	18	16	15	14	13	12
X.	21	19	21	19	19	17	17	15	14	13	12	11
XI.	20	18	20	18	18	16	16	14	13	12	11	10
XII.	19	17	19	17	17	15	15	13	12	11	10	9
XIII.	18	16	18	16	16	14	14	12	11	10	9	8
XIV.	17	15	17	15	15	13	13	11	10	9	8	7
XV.	16	14	16	14	14	12	12	10	9	8	7	6
XVI.	15	13	15	13	13	11	11	9	8	7	6	5
XVII.	14	12	14	12	12	10	10	8	7	6	5	4
XVIII.	13	11	13	11	11	9	9	7	6	5	4	3
XIX.	12	10	12	10	10	8	8	6	5	4	3	2
XX.	11	9	11	9	9	7	7	5	4	3	2	1.31
XXI.	10	8	10	8	8	6	6	4	3	2	1.30	30
XXII.	9	7	9	7	7	5	5	3	2	1.31	29	29
XXIII.	8	6	8	6	6	4	4	2	1.30	30	28	28
XXIV.	7	5	7	5	5	3	3	1.31	29	29	27	27
25.	6	4	6	4	4	2	2.31	30	28	28	26	26
XXV.	6	5	6	5	4	3	2	1.30	29	28	27	26
XXVI.	5	4	5	4	3	2	1.31	29	28	27	26	25
XXVII.	4	3	4	3	2	1.30	30	28	27	26	25	24
XXVIII.	3	2	3	2	1.31	29	29	27	26	25	24	23
XXIX.	2	1	2	1.30	30	28	28	26	25	24	23	22
*	1.31	—	1.31	—	29	27	27	25	24	23	22	21

§. 54.

Obwohl in dem von *Lilius*, als auch in dem von *Clavius* reformirten immerwährenden Kalender kömmt bei dem letzten December neben der Epakte XX auch noch 19 vor, zugleich findet man dort die Bemerkung, dass der letzte Neumond eines Jahres auf dem 31. December falle, sobald für dasselbe N = 19 und E = XIX seyn, kommt aber zur nämlichen goldenen Zahl eine andere Epakte, so, trifft der Neumond auf den 1. Januar des nachfolgenden Jahres. Ist nämlich die Epakte des gegebenen Jahres = XIX und dieses das letzte im Mondcyklus, so muss nothwendig das darauf folgende Jahr die Epakte I haben, wie in dem ersten Cyklus der allgemeinen Tafel; demnach muss dann der Neumond am 31. December eingetroffen seyn, wie in den Jahren 1595, 1614, 1633, 1652, 1671, 1690 und von 8807 bis 8807. Ist dagegen N' kleiner als 19, mithin das gegebene Jahr mit der Epakte XIX nicht das letzte im Cyklus, so schreitet diese zum nächsten Jahre nur um 11 fort und wird *, weshalb dieses letztere am 1. Januar Neumond hat.

§. 55.

Auch die *Juden* gebrauchen den Mondcyklus, fangen ihn aber beinahe um 3 Jahre später an, als die Christen den ihrigen. So ist 1825 *A. C.* das zweite des christlichen Cyklus; im jüdischen fängt das 19. mit dem 13. September 1825 an. *Dionysius E.* und *Beda* unterscheiden beide Zeitkreise dadurch, dass sie den christlichen Cyclus decemnovennalis und den jüdischen Cyclus lunaris nennen.

§. 56.

Es war in der ältern Kirche gebräuchlich, Buchstaben statt der goldenen Zahlen zu gebrauchen. Diess wurde Veranlassung, dass später in dem römischen Martyrologium Buchstaben, die sogenannten *Martyrologium-Buchstaben*, statt der gregorianischen Epakten angewendet wurden, damit diese letzteren nicht so leicht verwechselt werden könnten mit denjenigen dort vorkommenden Zahlen, welche für jeden Tag im Jahre die Luna bezeichnen, d. h. angeben, der wie

vielte im laufenden (kirchlichen) Mondmonat derselbe sey. Dieses Martyrologium ist nämlich das unterm auf Befehl *Gregor XIII.* herausgegebene, von *Urban VIII.* (regierte von 1623 bis 1644) und *Clemens X.* (1670 bis 1676) revidirte, von *Benedict XIV.* (1740 bis 1758) und spätern Päpsten vermehrte Verzeichniss der von der römisch-katholischen Kirche anerkannten und verehrten Heiligen und vorzugsweise Märtyrer, geordnet nach ihren Sterbtagen. Ueber jedem Tage stehen 31 Buchstaben, theils aus dem kleinen, theils aus dem grossen Alphabet, entsprechend den 31 Epakten (die Sonderlingepakte 25 mitgezählt), und unter jedem Buchstaben befindet sich die Zahl, die anzeigt, welche Luna auf diesen Tag trifft, sobald der darüber stehende Buchstabe für ein Jahr gültig ist. Offenbar kann, wie für jede Epakte nur eine Epakte möglich ist, dieses auch nur einen Martyrologium-Buchstaben haben.

§. 57.

Die Wahl der Buchstaben ist in folgender Weise geschehen.

I.	a.	VI.	f.	XI.	l.	XVI.	r.	XXI.	B.	XXVI.	G.
II.	b.	VII.	g.	XII.	m.	XVII.	s.	XXII.	C.	XXVII.	H.
III.	c.	VIII.	h.	XIII.	n.	XVIII.	t.	XXIII.	D.	XXVIII.	M.
IV.	d.	IX.	i.	XIV.	p.	XIX.	u.	XXIV.	E.	XXIX.	N.
V.	e.	X.	k.	XV.	q.	XX.	A.	XXV.	F.	-	P.
								25.	f.		

Natürlich sind für einen Mondcyklus nicht alle 31 Buchstaben nothwendig; sie müssen sich aber so oft ändern, als der Cyklus der Epakten beim Wechsel der Jahrhunderte ein anderer wird. Beim Gebrauche dieser Buchstaben ist Folgendes zu bemerken.

1) Wenn für ein gegebenes Jahr $N' = 1$ ist und ein anderer Buchstabe als P trifft, so wird am 1. Januar und bis zum Ende der ersten Lunation die unter dem Martyrologium-Buchstaben stehende Luna immer um eine Einheit kleiner genommen. Es sey z. B. der Buchstabe t, also die Epakte XVIII gegeben. Ist das dazu gehörige Jahr nicht das erste eines Cyklus, so war die vorhergegangene Epakte

= XVIII — 11 = VII; ist es aber das erste eines neuen Cyklus, so ist wegen des Epakten-Sprunges (§. 46.) die vorhergehende Epakte = XVIII — 12 = VI. Gemäss der Tabelle der cyklischen Neumonde (§. 53.) gehört zur Epakte VII der letzte Neumond am 14. December und zur Epakte VI derselbe am 15. December; jenem entspricht der 4. Januar als Luna XIX, diesem als Luna XVIII. Deshalb muss unter den oben angegebenen Bedingungen überhaupt die Luna, wie sie im Martyrologium steht, um eine Einheit vermindert werden, ausgenommen, wenn der Buchstabe P, d. i. die Epakte * trifft, weil dann die letzte Lunation nicht von einem Jahre in das andere hinüberzählt, sondern die erste Lunation am 1. und die zweite am 31. Januar beginnt.

2) Wenn beim Wechsel des Epaktencyklus im Anfange eines Jahres ein neuer Zeitkreis beginnt, dessen Epakten um 1 niedriger stehen als im vorigen, so hat der 1. Januar die nämliche Epakte wie der (im andern Cyklus) vorhergegangene 31. December. Diess heisst man den *Stillstand des Mondes, status Lunae.* Z. B. für 1699 ist N' = 9, E = XXIX, lit. Martyr. = N und der 31. December Luna XX., weil in der Tabelle des §. 53. dieser Epakte der 22. December als Neumondtag oder Luna I. angehört. Für 1700 hat man N' = 10 und E = IX; mithin wäre dann für N' = 9 die Epakte = IX — 11 + 30 = XVIII, so dass mit 1700 ein Cyklus beginnt, dessen Epakten durchaus um 1 kleiner sind als die des vorhergehenden. Der Epakte IX gehört aber der Buchstabe i und als Neumondtag der 22. Januar an; also ist der 1. Januar ebenfalls Luna X. — Oder für 1898 hat man N' = 19, E = VIII, lit. Martyr. = t, luna XXIX. = 31. December. Dagegen hat 1900 die goldene Zahl N' = 1, E = XXIX (mithin wäre dann gemäss §. 46 für N' = 19 auch E = XVII), lit. Martyr. = N, Luna XXX. = 1. Januar. Da jedoch hier der oben in Nr. 1) erklärte Fall gegeben ist, so muss man den 1. Januar = luna XXIX. setzen, und es ist deshalb das am Eingange von Nr. 2) genannte Vorkommniss ein allgemein gültiges.

3) Wenn dagegen bei dem Wechsel der Epaktencyklen am Anfange eines Jahrhunderts ein Zeitkreis genommen

werden muss, der schon in einem frühern Jahrhunderte gebraucht worden war und dessen Epakten um eine Einheit höher stehen als die des letzten Cyklus, so ist die Luna des 1. Januar um zwei Einheiten höher. Und diess nennt man den *Sprung des Mondes*, *saltus Lunae*. Z. B. im Jahre 2399 ist N = 6, E = XXII, lit. Martyr. = G, letzter Neumondtag der 29. December, also der 31. December = luna III. Im Jahre 2400 ist N = 7, E = IV, lit. Martyr. = d, erster Neumondtag = 27. Januar, mithin 1. Januar = Luna V.

Die beiden letzten Fälle 2) und 3) erscheinen somit nur als nothwendige Folgen der den cyklischen Neumonden gegebenen Ordnung, wie diese im §. 51 u. ff. erklärt worden ist.

Drittes Kapitel.

§. 58.

Osterrechnung ist die Berechnung des Tages, auf welchen das Oster- oder Paschafest trifft, und geschieht nach einer Regel, die sich in den ersten Jahrhunderten der Christenheit ausgebildet hat. *Ostern* kömmt her von dem veralteten deutschen Worte oster oder osten d. i. aufgehen oder auferstehen; Pascha ist die aramäische Wortform des hebräischen Pessach oder Passah d. i. Vorübergang, Verschonung — daher Gedenkfest der Verschonung der Erstgeburt in Aegypten (2. Mos. 12, 27) mit dem Passahmahle (4. Moses 9, 4.). Die Lautverwandtschaft zwischen *πάσχα* und *πάσχειν* leiden bot spätern des Hebräischen weniger Kundigen hier und da die letztere Deutung, wenigstens zur Accomodation an den Begriff des Schlusses der Leidenwoche. — Die griechische Kirche nennt ihr Osterfest auch Anastasimus.

I. Geschichtliches.

§. 59.

1—160. Die zum Christenthume übergetretenen Juden, die *Judenchristen*, begingen ihr jährliches Nationalhauptfest, das Passah, im christlichen Gemeindeverbande nach wie zuvor fort, nunmehr als Dankesfeier für das durch Christus der Menschheit gewordene Heil; den folgenden Tag weihten sie dem Andenken an Christi Leiden, und an dem dritten Tage, der nicht nothwendig ein Sonntag seyn musste, begingen sie die Feier der Auferstehung, welche also hier nicht als einerlei mit dem Passahfeste genommen wurde. Dasselbe thaten auch viele andere christliche Gemeinden, die mit ihnen in Berührung oder Verkehr standen, besonders jene der kleinasiatischen, syrischen und mesopotamischen Kirche. Das Passah war am 14. Nisan gefeiert worden. Dieser Monat fing mit demjenigen Neulichte an, das zunächst an die Frühlingnachtgleiche traf. Von diesem bis zum nächsten Vollmonde zählte man in der Regel 13 oder mit Einrechnung der *Νουμηνία* 14 Tage. Also feierten die Judenchristen das Passah an dem Tage des ersten Vollmondes. Diesen Tag nannten die spätern Kirchenscribenten und Chronologen die *Ostergrenze* oder *Luna decima quarta*; daher kann man sagen:

Die *Judenchristen* feierten ohne Rücksicht auf den Wochentag das (christliche) Passah an der Luna XIV.

Die *Heidenchristen*, welche bei der Gestaltung ihres kirchlichen Lebens das Judenthum geradezu perhorrescirten, gingen ihren eigenen Weg, als sie bald nach dem Anfange des 2. Jahrhunderts eine bestimmte Zeit zur jährlichen Feier des Leidens, des Todes und der Auferstehung Christi auswählten. Sie verlegten die Feier der Auferstehung, die sie aus dem oben angegebenen Grunde ungeeignet *πάσχα* oder Pascha nannten, auf denjenigen Wochentag, der ihnen ohnediess schon ein dem Herrn geweihter Freuden- und Dankestag war, nämlich auf den Sonntag. Weil aber Christus an der Luna XIV. (3. April 33) gekreuzigt worden und

an der Luna XVI. vom Grabe auferstanden war, so bildete sich eine zweifache Praxis:

Die *alexandrinische Kirche* feierte das Paschafest an dem Sonntage, der zunächst nach der Luna XIV. eintraf, also schon an der Luna XV., wenn diese ein Sonntag war;

die *abendländische Kirche* dagegen beging diese Feier an der Luna XVI., wenn dieser Tag ein Sonntag war, oder an dem darauf folgenden Sonntage.

In beiden Fällen konnte meistens nur eine Annäherung an das historische Datum und nur in sehr seltenem Vorkommen eine völlige Uebereinstimmung mit demselben erreicht werden. Die Alexandriner bewerkstelligten durch ihre Osterregel das Erste besser und das Zweite nicht seltener als die Lateiner.

§. 60.

160—325. Diese Abweichungen in der Feier des Osterfestes blieben in der ersten Hälfte des 2. Jahrhunderts ziemlich unbeachtet; dann aber (160) wurden sie Gegenstand einer mündlichen Controverse zu Rom zwischen *Polykarpus*, Bischof von Smyrna, und *Aniketes*, Bischof von Rom; einer Discussion auf dem Provincialconcilium zu Laodicea (170), auf Synoden und in Streitschriften. Besonders heftig entbrannte der Streit seit 193 zwischen *Polykrates*, Bischof von Ephesus, und dem Papste *Victor* I. An den letztern schlossen sich die Bischöfe von Gallien, Palästina, Korinth u. a. O. an, theilweise zum Frieden rathend. *Victor* forderte die Gegner, die theils *Quartadecimani*, theils *Protopaschiten* genannt wurden, auf, sich dem Gebrauche der lateinischen Kirche anzuschliessen, und bedrohte sie sogar mit Excommunication, ohne eine Vereinbarung zu bewirken. Unter seinem Pontificate (198) erliessen die zu Caesarea versammelten Väter die Verordnung, dass Ostern nur zwischen dem 22. März und 20. April, beide mitgerechnet, gefeiert werden dürfte, weil sie, wie *Clavius* sagt, der Meinung waren, dass als erster Monat im (jüdischen Kirchen-) Jahre diejenige Zeit angesehen werden müsse, in welcher die Sonne sich

durch das Zeichen des Widders bewegt. — Bis in die Mitte des 3. Jahrhunderts wurde der Ostervollmond dadurch bestimmt, dass man die erste Phase unmittelbar beobachtete; später aber verfertigten die Alexandriner und Lateiner Ostercyklen oder Canones paschales, wovon weiter unten die Rede seyn wird.

§. 61.

325—1583. Die erste allgemeine Kirchenversammlung zu Nicäa (325) versuchte auf Veranlassung des Kaisers *Constantin* d. G. eine gemeinschaftliche Osterfeier einzuführen, und brachte zu diesem Zwecke die alexandrinische Praxis in Vorschlag, welche zwischen den beiden andern die Mitte hielt. Sie erliess hierüber kein Gesetz, sondern publicirte ihre Beschlüsse in einem Sendschreiben an die Alexandriner. *Constantin* machte dieselben in seinem Rundschreiben an die zu Nicäa nicht erschienenen Bischöfe bekannt; auch kommen sie in den Schriften des dort gewesenen *Eusebius* und *Athanasius* vor. In dem erwähnten Sendschreiben wurde verordnet, dass der jeweilige Bischof von Alexandrien mittelst des dort üblichen 19jährigen Osterkreises das jedesmalige Osterfest bestimmen und dergestalt bekannt geben sollte, dass auch die übrigen Kirchen das Osterfest und die andern beweglichen Feste des Jahres am Epiphania-Tage von der Kanzel herab promulgiren lassen konnten. (Das Directorium der Diöcese Regensburg sagt noch am Feste der Epiphania: Promulgantur festa mobilia.) Erst gegen das Ende des Mittelalters fing man an, diese Promulgationen ausser Gebrauch kommen zu lassen.

Die Absicht des Conciliums wurde nicht vollständig erreicht; die meisten Quartadecimaner beharrten bei ihrem Gebrauche. Daher wurden sie von den Concilien zu Antiochia (341) und Laodicea (357) mit Kirchenstrafen bedroht. Dennoch erhielten sich einige dieser Gemeinden in der antiochenischen Kirche und in Mesopotamien; sie verschwanden erst in den spätern Zeiten des 4. Jahrhunderts, nachdem sie den Ketzern gleichgestellt und zufolge kaiserlicher Decrete bestraft worden waren.

Zu derselben und noch längere Zeit fort bestand die Verschiedenheit zwischen dem Osterfeste der Alexandriner und der Lateiner. Wenn auch jede dieser Kirchen zur Bestimmung desselben einen Canon paschalis gebrauchte und immerfort denselben zu verbessern strebte, so kam dennoch eine Uebereinstimmung nicht zu Stande. Es war nämlich den abendländischen Christen unangenehm, dass der 19jährige Osterkreis der Alexandriner die Ferien und also auch die Ostersonntage nicht in gleicher Ordnung wiederbrachte; die Lateiner nahmen auch nicht den 21. März als constanten Tag der Frühlingnachtgleiche; die römische Kirche insbesondere nahm anfangs darauf Rücksicht, dass die circensischen Spiele, welche auf den 21. April fixirt waren, nicht mit der Charwoche zusammen trafen. Dadurch entstanden zunächst folgende Differenzen.

	Alexandria.	Lateiner.	
		Cycl. mit 84 J.	Cycl. mit 532 J.
Osterneum., frühester	8. März.	5. März.	7. März.
„ spätester	5. April.	2. April.	3. April.
Ostergrenze, früheste	21. März.	18. März.	20. März.
„ späteste	18. April.	15. April.	16. April.
Ostertag, frühester	22. März.	19. März.	22. März.
„ spätester	25. April.	21. April.	24. April.

Aus diesen Ursachen und wegen der jedem Cyklus eigenthümlichen Abweichungen vom wirklichen Mondlaufe musste es geschehen, dass die beiderseitigen Osterfeste häufig um eine bis fünf Wochen von einander abwichen. Diess letztere war auch im Jahre 387 der Fall; die Alexandriner feierten Ostern am 25. April, die Lateiner am 21. März. Von diesem Jahre angefangen wurden zwischen diesen beiden Kirchen mehrere Streitschriften über diesen Gegenstand gewechselt, bis die lateinische allmählig zu den Grundsätzen und Ansichten der andern hinübergezogen wurde, in die sie jedoch erst im 6. Jahrhundert völlig einging, vorzüglich durch die Bemühungen des *Dionysius Exiguus*, dessen Ostertafel, eine Fortsetzung des alexandrinischen Canon paschalis, nach und nach sich Vertrauen erwarb. Zuerst überredete er die Römer und übrigen Italiener zur Annahme des 19jährigen Cyklus und der alexandrinischen Osterregel;

doch war noch im Jahre 550 der andere Canon nicht überall in Italien abgeschafft. Bei den Franken verschwanden erst mit dem Ausgange des 8. Jahrhunderts alle Spuren eines abweichenden Osterfestes; bei den Britten um das Jahr 710 durch die Bemühungen des *Beda Venerabilis*, Benedictiners im Kloster Warmouth in England; bei den Spaniern ungefähr am Ende des 6. Jahrhunderts. Dabei erhielt im westlichen Europa der alexandrinische Canon den Namen: der dionysianische, und mittelst desselben wurde bis zum Jahre 1583 das Osterfest mit allgemeiner Uebereinstimmung gefeiert.

§. 62.

1583. Eine Folge der Differenz zwischen dem julianischen und tropischen Jahre einerseits, dann zwischen 19 julianischen Jahren und 235 Lunationen anderseits macht, dass die Nachtgleichen und Neumonde allmählig immer früher im julianischen Jahre eintreten, jene alle 128, diese alle 306 Jahre um 1 Tag (§. 25. 44.). Daher verlor das Princip, nach welchem die Alexandriner die Osterfeier bestimmt hatten, seine Bedeutung, indem sich dieselbe, freilich auf eine erst nach mehrern Jahrhunderten auffallende Weise, gegen die Regel beziehungsweise der Frühlingnachtgleiche und des Vollmondes verrückte. Schon *Isaacus Argyrus*, ein griechischer Mönch, der im Jahre 1372 eine Anleitung zur Festrechnung schrieb, nahm diese Verschiebung des alexandrinischen Mondcyklus wahr; bei allen Besprechungen und Vorschlägen wegen der Kalenderverbesserung (§. 27.) kam insbesondere auch die Verbesserung der Festrechnung zur Sprache, bis endlich Papst *Gregor* XIII. zur genauern Bestimmung des Ostervollmondes anordnete, dass an die Stelle der sich allmählig verschiebenden goldenen Zahlen der von *Lilius* erfundene und dann etwas modificirte Epaktencyklus gesetzt werde. Die cyklischen Neumonde trafen zu dieser Zeit um 4 Tage später als die Conjunctionen ein. Man hätte sie durch Verschiebung der goldenen Zahlen wieder mit dem Himmel in Uebereinstimmung bringen können; allein nach drei Jahrhunderten wäre eine

abermalige Veränderung derselben nothwendig gewesen. *Lilius* hielt es daher für besser, ganz von ihnen abzugehen und dafür den Epaktencyklus einzuführen, der mit seinen zeitweise erfolgenden Veränderungen im vorigen Kapitel erklärt worden ist.

Die kirchlichen Neumonde des gregorianischen Kalenders sollten eigentlich die mittlern astronomischen (§. 8. 9.) seyn. Da aber diejenigen, welche den Kalender verbesserten, nach alter Weise den Vollmondtag als die Luna XIV. ansahen und an der alten Regel festhielten, welcher zufolge man vom Neulichte 13 volle Tage vorwärts zählen muss, um zum Vollmond zu gelangen, so stellten sie die angeblichen Neumonde (Tabelle im §. 58.) dergestalt zusammen, dass sie dem ersten, auch wohl dem zweiten Tage nach der Conjunction d. i. also der ersten Phase entsprachen. Die Vollmonde dagegen kommen meistens mit den mittlern Oppositionen überein oder weichen höchstens um einen Tag davon ab. Dessen ungeachtet hat hier die cyklische Rechnung den Vorzug vor der astronomischen, weil ihre Resultate für alle geographischen Längen gültig sind, während die mittlern astronomischen und noch mehr die wahren Neumonde nur einem einzigen Meridiane entsprechen.

§. 63.

Nach 1583. Als im Jahre 1698 die deutschen Protestanten anfingen, durch *Erhard Weigl*, Mathematiker in Jena, einen neuen Kalender bearbeiten zu lassen, und übereinkamen, im Jahre 1700 die letzten 11 Tage des Februar auszulassen (§. 29.), also den verbesserten Kalender anzunehmen, blieben sie noch dabei, dass die Osterfeier nach genauen astronomischen Berechnungen geregelt werden sollte, und zwar für eine Länge = $41^m\ 31^s$ östlich von Paris d. i. den Meridian der Sternwarte Uranienburg des *Tycho de Brahe* (lebte von 1546 bis 1601) auf der damals dänischen Insel Hveen im Sunde. Hiernach richtete sich auch Dänemark, und so blieb es bis zum Jahre 1774. Zweimal hatten bis dahin die Protestanten Ostern um 8 Tage früher gefeiert als die Katholiken, nämlich in den Jahren 1724 (die einen

am 9., die andern am 16. April) und 1744 (die einen am 29. März, die andern am 5. April). Als aber *Friedrich* II., König von Preussen, dem Corpus Evangelicorum zu Regensburg vorstellen liess, dass nach den Weigel'schen Bestimmungen Ostern in den Jahren 1778 (prot. 12., kath. 19. April) und 1798 (prot. 1., kath. 8. April) zugleich mit dem Passahfeste der Juden gefeiert werden müsste, so erfolgte am 16. April 1777 das Conclusum, dass man auch hinsichtlich der Osterfeier den gregorianischen Kalender annehme, was dann auch geschah.

Es ist jedoch wegen des Unterschiedes zwischen kirchlichen und wahren Vollmonden unvermeidlich, dass das Passahfest der Juden, welches immer bei vollem Lichte gefeiert werden soll, manchmal, gegen den Willen des Conciliums zu Nicäa, mit dem christlichen Osterfeste zusammenfällt. Diess ist im gregorianischen Kalender der Fall am 14. April 1805, 3. April 1825, 30. März 1829, 15. April 1832, 12. April 1903, 1. April 1923, 17. April 1927, 13. April 1930, 7. April 1974, 19. April 1981, 27. März 1994 u. s. w.

Die (schismatisch) *griechische* Kirche weigert sich bis auf den heutigen Tag, dem Kalender neuen Styles mit der Osterrechnung desselben anzunehmen. Sie bestimmen Ostern immer noch nach dem Regeln des *Dionysius K.* (§. 72.). Ein Versuch des *Jeremias II.*, Patriarchen zu Konstantinopel, für eine allgemeine Vereinigung blieb ohne Erfolg. — Die *Russen* nennen in ihrer Osterrechnung Kalenderschlüssel (Klütsch Granitz) diejenige Zahl, welche anzeigt, um wie viel Tage der Ostersonntag nach dem 21. März trifft.

III. Osterkreise.

a) der Alexandriner.

§. 64.

Die *Alexandriner* haben mehrmal versucht, einen Osterkreis zu conctruiren. So kennt man einen solchen von 8 Jahren, den *Dionysius*, 248—265 Bischof von Alexandrien, mit der ausdrücklichen Bestimmung, dass Ostern nur nach

der Frühlingnachtgleiche gefeiert werden dürfe, aufstellte. Näheres über die zu Grund gelegte Octaëteris weiss man um so weniger, als dieser Cyklus bald durch den 19jährigen verdrängt wurde, den, so viel wir wissen, zuerst *Anatolius*, seit 270 Bischof von Laodicea, zur Geltung brachte. Er fing ihn mit dem Jahre 277 an, setzte die Nachtgleiche auf den 19., die früheste Ostergrenze auf den 20. und den frühesten Ostertag auf den 21. März.

§. 65.

Dieser Osterkreis erhielt bald nachher diejenigen Modificationen, mit denen er seit 285 (§. 45.) von den Alexandrinern gebraucht, dann von dem Concilium zu Nicäa gebilligt und nach 532 von der ganzen Christenheit angenommen wurde. In demselben war die Frühlingnachtgleiche auf den 21. März gestellt und zugleich, wahrscheinlich zur Vereinfachung der Osterrechnung, bestimmt, dass das Aequinoctium an diesem Tage haften bleibe. Die Ostermonde waren auf die im §. 48. erklärte Weise für alle 19 Jahre des Mondcyklus berechnet, wonach sie Mondjahre von 354, von 384 und, wegen des Sprunges der Epakte (§. 46.) oder vielmehr wegen der Ursache desselben, von 383 Tagen erhielten. Die Mondmonate wechselten dabei mit 30 und 29 Tagen so, dass die Ostermonate immer 29 Tage zählten. Also enthielten 4 solche Osterkreise

4 × 12 Jahre zu 354 Tagen	=	16992[d]
4 × 6 „ „ 384 „	=	9216
4 × 1 „ „ 383 „	=	1532
19 indessen eingetretene Schalttage	=	19
4 × 19 Jahre zusammen	=	27759,

mithin gerade so viele Tage, als *Kalippus* seiner 76jährigen Periode gegeben hatte (§. 88.). Diese hatten die Alexandriner ihrer Rechnung zum Grunde gelegt; *Hipparch's* Correction dieser Periode (loc. cit.) kannten sie aber nicht oder hielten sie für überflüssig. — In 76 Jahren finden 940 Mondwechsel statt, welche 940 × 29,530587 = 27758[d],75178 ausmachen, d. i. um 0[d],24822 weniger als die obige Summe. Nimmt man diesen Ueberschuss 4 mal, so erhält man

$0^d,99288$ oder beinahe 1^d; und weil zugleich $76 \times 4 = 19 \times 16 = 304$ ist, so *verschiebt sich dieser Osterkreis nach jeder 16. Wiederholung oder nach 304 Jahren um 1 Tag, und gibt dann die Neumonde* um eben so viel zu spät, was jedoch im gregorianischen Kalender durch den Gebrauch der verbesserten Epakten compensirt wird.

§. 66.

Von diesen Neumonden zählten die Alexandriner um 13 Tage vorwärts, um die Ostervollmonde zu finden. Stellt man diese mit der goldenen Zahl N′ (§. 45.) zusammen, so erhält man folgende Uebersicht der *allgemein-gültigen* Ostergrenzen.

N′.	Ostergrenze.	N′.	Ostergrenze.
1.	5. April.	11.	15. April.
2.	25. März.	12.	4. April.
3.	13. April.	13.	24. März.
4.	2. April.	14.	12. April.
5.	22. März.	15.	1. April.
6.	10. April.	16.	21. März.
7.	30. März.	17.	9. April.
8.	18. April.	18.	29. März.
9	7. April.	19.	17. April.
10.	27. März.	1.	5. April.

Demnach ist die früheste Ostergrenze der 21. März, die späteste der 18. April. Sobald der 18. April ein Sonntag ist, kömmt Ostern auf den 25. April; wenn der 21. März ein Sonnabend ist, fällt Ostern auf den 22. März; mithin bewegt sich Ostern zwischen dem 22. März und 25. April, beide mitgezählt, abweichend von der zu Caesarea getroffenen Bestimmung (§. 60.). Uebrigens ändern sich die Ostergrenzen nach folgendem Gesetze:

> So oft die Ostergrenze eines Jahres in den April fällt, geht sie im folgenden Jahre um 11 Tage zurück; so oft sie in den März trifft, geht sie im folgenden Jahre um 19 vorwärts.

§. 67.

Für den vorerwähnten 19jährigen Osterkreis der Alexandriner wurden nachmal mehrere Ostertafeln angefertigt.

§. 69.

Ein wiewohl misslungener Versuch, den vorgenannten Osterkreis durch einen bessern zu ersetzen, datirt vom Jahre 223 und hat den Bischof und Märtyrer *Hippolitus* zum Urheber. Es ist eine Erweiterung der Octaëteris auf 112 Jahre. Der Ostervollmond des Jahres 222 war ganz richtig und wahrscheinlich aus unmittelbarer Beobachtung angegeben, der saltus Epaktae innerhalb 16 Jahren am 3. und 11. wiederkehrend, und die weitere Methode der Osterrechnung dieselbe wie bei dem vorigen Canon des Unbekannten. Die durch dieselbe bestimmten Ostern konnten innerhalb 16 Jahren wenigstens sechsmal, um 8 Tage bis 4 Wochen, von den alexandrinischen abweichen. Ausserdem waren sie grossen Schwankungen unterworfen, obwohl, weil in 112 Jahren gerade vier Sonnencyklen enthalten sind, nach Verlauf dieser Zeit die Ostergrenzen zu denselben Wochentagen, mithin Ostern zu denselben Monattagen zurückkehrten. Es gehen nämlich 198 synodische Monate auf 16 julianische Jahre; und es sind

198 synodische Monate = $5847^d,056226$
16 julianische Jahre = $5844,000000$
Differenz = $3,056226$.

Es mussten sich also nach $5 \times 16 = 80$ Jahren die Ostergrenzen um $5 \times 3 = 15$ Tage d. h. bis in die Zeit der Neumonde vorgerückt haben, und Ostern wurde dann nicht mehr zur Zeit des vollen, sondern des neuen Lichtes gefeiert; hierauf verkleinerte sich allmählig diese Divergenz und glich sich nach $10 \times 16 = 160$ Jahren vollkommen aus, weil dann ihr Betrag zu $10 \times 3 = 30$ Tagen angewachsen war — Schwankungen, die mit einem zweckmässigen Osterkreise unvereinbar sind.

§. 70.

Victorius, Priester und Mathematiker aus Bourdegali oder Bourdeau in Aquitanien, machte i. J. 463 aus Auftrag des Papstes *Hilarius* einen neuen Canon paschalis bekannt, den er schon i. J. 437 berechnet und ein halbes Jahrhundert früher ein ägyptischer Mönch *Anianus* versucht hatte: eine Combination des 19jährigen Mond- und des 28jähri-

gen Sonnencyklus, die mithin $19 \times 8 = 532$ Jahre umfasste. Offenbar mussten nach Ablauf dieses Zeitraums die Luna XVI. nicht blos zu denselben Monattagen, sondern auch zu denselben Ferien zurückkehren, und deshalb die Ostertage in vollkommen gleicher Ordnung wiederkehren. Dabei waren folgende Principien festgehalten:

1) Nach der bei den Lateinern üblichen Weise wurde das Osterfest mittelt der Ferie und der Epakte des 1. Januars angesetzt, indem aus der letztern, auf eine ähnliche Weise, wie im §. 51. für den gregorianischen Kalender geschehen ist, die Neumonde hergeleitet und als Osterneumonde, wie bei den Alexandrinern, diejenigen genommen wurden, welche das Fest zunächst nach dem 21. März brachten.

2) Die Epakten der einzelnen Jahre aller in diesem Osterkreise enthaltenen 19jährigen Cykeln blieben durchaus unverändert. Daher kehrten die Osterneumonde und Ostergrenzen nach jedem 19. Jahre auf dieselben Monattage zurück. Diese waren den alexandrinischen 11 mal um einen und 2 mal um zwei Tage voraus und trafen 6 mal damit zusammen; sie entsprachen dem Mondlaufe viel besser als die aus dem 84jährigen Zeitkreise; die früheste Ostergrenze war der 20. März, die späteste der 16. April.

3) Der Sprung der Epakte war weder nach 12, noch noch 14 Jahren, sondern nach je 19 Jahren, wie bei den Alexandrinern, angebracht, wodurch dieser Osterkreis die Genauigkeit des 19jährigen Cyklus, von dem er ohnehin ein Vielfaches war, erhielt.

4) Dieser saltus Epactae kam jedoch immer auf den Schluss des 16. Jahres. *Victorius* machte nämlich das Jahr 28 Æ. V. zu dem ersten eines 19jährigen Cyklus, und führte diesen bis auf das Jahr der Schöpfung zurück, so das jenes das 5229. der Welt war. Dividirt man 5229 durch 19, so erhält man den Rest 6. Deshalb konnte jedes Jahr, welches von der Schöpfung an gezählt, ein 19. war, in den von 5229 an gezählten 19jährigen Cyklen nur ein 16. seyn.

5) Wie in der lateinischen Kirche damals noch üblich,

liess *Victorius* das Osterfest nicht vor Luna XVI. feiern und unterschied sich hierin wesentlich von den Alexandrinern. Dabei schob er das Fest auch über den 21. April hinaus auf den 22., 23. und, wiewohl selten, 24. April. Den 25. April, bei den Alexandrinern der äusserste Termin, liess er deshalb nicht gelten, weil die späteste Luna XVI. bei ihm der 16. und nicht der 18. April war.

6) In diesem Canon kamen 32 mal Doppeldata der Osterfeier vor; die Wahl hatte der Papst zu treffen. Nämlich 24 mal war es der Fall, dass die Luna XIV. in den 11. oder 16. Jahren der Cyklen, wo sie mit den alexandrinischen übereinstimmte, auf einen Sonnabend traf; die Alexandriner feierten dann Ostern an der Luna XV., die Lateiner an der Luna XXII., und beide Tage waren dann angemerkt. Und 8 mal kam es vor, dass die Luna XIV. in den 19. und 18. Jahren der Cyklen, wo sie um 2 Tage früher eintrat, als bei den Alexandrinern, auf einen Freitag fiel; den Lateinern war der nächste Sonntag, die Luna XVI., der Ostertag; weil aber dieser bei den Alexandrinern die Luna XIV. war, kam ihr Ostern auf den darauf folgenden andern Sonntag; beide Tage waren wieder bemerkt.

7) Mit Ausnahme dieser 32 Doppeldata stimmten alle übrigen des ganzen Canon mit den alexandrinischen überein.

Dieser Canon paschalis des *Victorius* wurde vom Papste *Hilarius* mit dem Jahre 465, wo der 84jährige Osterkreis zu Ende ging, eingeführt, und vom 6. Jahrhundert an allmählig und um so leichter von der dionysianischen Ostertafel verdrängt, als seine Construction grösstentheils auf den Grundsätzen der Alexandriner beruhte. Von beiden gilt aber, was schon im §. 62. gesagt worden ist: weder der eine noch der andere kann für jeden beliebigen Zeitraum vor oder nach ihrer Aufstellung gelten, wegen der Verschiebungen, die durch den Unterschied zwischen dem julianischen und tropischen Jahre, dem ersten und den 235 synodischen Monaten entstehen.

III. Calcul.

§. 71.

Aufgabe. Es soll für einen gegebenen Monattag des *alten Kalenders* der Wochentag ohne Berücksichtigung des Sonntagbuchstaben gefunden werden.

Auflösung. 1. Man dividire die gegebene um eine Einheit verminderte Jahreszahl durch 4; der Quotient zeigt die vom Anfange unserer Zeitrechnung bis dahin abgelaufenen Schaltperioden von $(365 \times 3) + 366 = 1461$ Tagen, der Rest aber die überdiess noch abgelaufenen Gemeinjahre an.

2) Man multiplicire den Quotienten mit 1461 und den Rest mit 365, und addire beide Producte; die Summe ist die Anzahl aller vom Anfange unserer Zeitrechnung bis zum Anfange des gegebenen Jahres verflossenen Tage.

3) Man addire dazu noch die im gegebenen Jahre bis zu dem in der Aufgabe genannten Monattag, diesen mitgerechnet, verflossenen Tage; diese Summe ist die Anzahl aller vom Anfange unserer Zeitrechnung bis zu diesem Monattage verflossenen Tage.

4) Weil das erste Jahr unserer Zeitrechnung mit einem Sonnabend anfing (§. 39.), und dann jeder siebente Tag wieder ein Sonnabend ist, so dividire man jene Summe durch 7, und es gehört hierauf

zu dem Reste	1.	2.	3.	4.	5.	6.	0.
der Wochentag	♄.	☉.	☾.	♂.	☿.	♃.	♀.

Beispiel. Der julianische 15. April 1854 ist ein Donnerstag; denn man hat hier $\frac{1854-1}{4} = 463 + \frac{1}{4}$ und aus $\frac{(1461 \times 463) + 365 + 90 + 15}{7}$ den Rest 6.

§. 72.

Aufgabe. Es soll der *julianische* Ostertag eines gegebenen Jahres gefunden werden.

Auflösung. 1) Man bestimmt die goldene Zahl N' des gegebenen Jahres (§. 45.) und die ihr entsprechende alexandrinische Ostergrenze (§. 66);

2) man berechne auf die obige Weise die Ferie der so erhaltenen Ostergrenze (§. 71.);

3) man zähle von dieser Ferie bis zum nächsten Sonntag, auf welchen dann Ostern fällt.

Beispiel. Für 1854 fällt im alten Kalender Ostern auf den 11. April, weil $N' = 12$ dem 4. April entspricht.

Anmerkung. Auf diese Art hat *Dionysius Exig.* seine Osterrechnungen geführt. Will man aber hiezu die Sonntagbuchstaben gebrauchen, so wendet man die im §. 39. stehende Formel an, und hierauf das im §. 42 erläuterte Verfahren, um zunächst die Ferie der Ostergrenze und dann Ostern zu finden.

§. 73.

Aufgabe. Es soll der gregorianische Ostertag eines gegebenen Jahres bestimmt werden.

Auflösung. 1) Man bestimmt die goldene Zahl N' des gegebenen Jahres (§. 45.) und die derselben entsprechende *gregorianische* Epakte (§. 50.);

2) man suche mit dieser Epakte in der Tafel der kirchlichen Neumonde (§. 53.) den Osterneumond, der um 13 Tage vermehrt den Ostervollmond gibt;

3) man berechne, nach der im §. 42 gegebenen Anleitung, die Ferie dieses Ostervollmondes und hieraus das Datum des gregor. Osterfestes.

Beispiel. Für 1854 hat man die Epakte I., den Osterneumond am 30. März, die Ostergrenze am 12. April = Mittwoch, mithin Ostern am 16. April. — Für 1954 und 2049 ist $N' = 17$, die Epakte $= 25$, der Osterneumond am 4. April, die Ostergrenze am 17. April = Sonnabend, mithin das gregor. Osterfest am 18. April (§. 54.).

Anmerkung. Es leuchtet von selbst ein, dass hier die zunächst vorhergehende Methode unzweckmässig wäre (§. 62.).

IV. Gauss'sche Osterformel.

§. 74.

Die bisher erklärte Methode der Osterrechnung ist, wenn auch durch Hülfstafeln erleichtert, bei weitem nicht

so leicht und sicher zu gebrauchen als die *Gauss*'sche Formel, von welcher nunmehr und zwar in der Art gehandelt werden soll, dass zuerst der allgemeine analytische Ausdruck für die Ostergrenzen, dann die Formel selbst entwickelt und die zwei Ausnahmsregeln erläutert werden.

§. 75.

Wenn man die Anzahl der Tage vom 21. März bis zu irgend einer Ostergrenze, beide einschliesslich, mit d, und bis zur ersten Ostergrenze eines Mondcyklus in gleicher Art mit M bezeichnet, so ist immer *d der Rest, welchen man erhält, wenn man* $M+19a$ *durch* 30 *dividirt*, wobei a wieder (§. 45.) der Rest aus der Division der gegebenen Jahreszahl J durch 19 ist.

Um dieses zunächst für den *julianischen* Kalender zu beweisen, suche man die alexandrinischen Ostergrenzen durch algebraische Ausdrücke darzustellen. Man erhält diese in Uebereinstimmung mit dem im §. 66. dargestellten Gesetze und, weil der 5. April $= (21+15)^{ter}$ März ist, in folgender Form:

N'.	a.	Grenzen	Werthe von d.	N'.	a.	Grenzen	Werthe von d.
1	0	5.Apr.	15	11	10	15.Apr.	15— 6.11+4.19
2	1	25.Mrz.	15— 11	12	11	4.Apr.	15— 7.11+4.19
3	2	13.Apr.	15— 11+ 19	13	12	24.Mrz.	15— 8.11+4.19
4	3	2.Apr.	15—2.11+ 19	14	13	12.Apr.	15— 9.11+4.19
5	4	22.Mrz.	15—3.11+ 19	15	14	1.Apr.	15—10.11+4.19
6	5	10.Apr.	15—3.11+2.19	16	15	21.Mrz.	15—10.11+5.19
7	6	30.Mrz.	15—4.11+2.19	17	16	9.Apr.	15—10.11+6.19
8	7	18.Apr.	15—4.11+3.19	18	17	29.Mrz.	15—11.11+6.19
9	8	7.Apr.	15—5.11+3.19	19	18	17.Apr.	15—11.11+7.19
10	9	27.Mrz.	15—6.11+3.19				

In diesen Werthen von d ist immer $M=15$ und die Summe der Coefficienten von 11 und 19 so gross als der dazu gehörige Werth von a; man hat also allgemein

$$d=M-11p+19q \text{ und } p+q=a.$$

Im *gregorianischen* Kalender gilt derselbe Ausdruck für d und die nämliche Bedingungsgleichung; nur tritt an die Stelle der constanten Zahl 15 eine veränderliche, weil sich mit den meisten Schlussjahren der Jahrhunderte die

gregorianischen Ostergrenzen ändern. Berechnet man für die verschiedenen Jahrhunderte die Epakten (§. 50.), Osterneumonde (Tafel in §. 53.) und Ostergrenzen (§. 66.) derjenigen Jahre, welchen $N'=1$ angehört, und hieraus die Werthe von M; so ergeben sich folgende Resultate:

Zeitraum.	Epakte.	Osterneum.	Ostergrenze.	M.
1583 bis 1699	I.	30. März.	12. April.	22
1700 „ 1899	*	31. „	13. „	23
1900 „ 2199	XXIX.	1. April.	14. „	24
2200 „ 2299	XXVIII.	2. „	15. „	25
2300 „ 2399	XXVII.	3. „	16. „	26
2400 „ 2499	XXVIII.	2. „	15. „	25
2500 „ 2599	XXVII.	3. „	16. „	26
2600 „ 2899	XXVI.	4. „	17. „	27
2900 „ 3099	XXV.	5. „	18. „	28
3100 „ 3399	XXIV.	5. „	18. „	28
3400 „ 3499	XXIII.	6. März.	21. März.	0
3500 „ 3599	XXII.	6. „	22. „	1

u. s. w., woraus man den Fortgang der Werthe von M erkennt. Endlich hat man aus den obigen Gleichungen

$$q = a - p, \text{ also auch}$$
$$d = M - 11p + 19a - 19p$$
$$= M + 19a - 30p$$
$$p + \frac{d}{30} = \frac{M + 19a}{30},$$

wodurch der aufgestellte Satz bewiesen ist. Weil aber die beiden äussersten Ostergrenzen um 28 Tage von einander abstehen, so hat man, wie auch die obige Tafel zeigt, für d die Grenzen 0 und 28.

§. 76.

Trifft die Ostergrenze auf einen *Sonnabend* und zugleich auf den 21. März, so kömmt Ostern

auf den 22. März;

trifft dieselbe zwar auf einen *Sonnabend*, der aber der $(21+d)^{te}$ März ist, so kömmt Ostern

auf den $(22+d)^{ten}$ März;

trifft sie endlich auf einen *andern Wochentag* und bedeutet

e eine zwischen 0 und 6, diese mitgerechnet, liegende Grösse, so kömmt Ostern ganz allgemein und offenbar

auf den $(22+d+e)^{ten}$ März,

wobei die Tage vom März in den April fortgezählt werden. Frägt man daher, um wie viele Tage das Osterfest von dem 21. März *desselben* Jahres abstehe, so ist die Antwort allgemein,

um $(1+d+e)$ Tage.

Deshalb sind von dem 21. März eines Jahres Z bis zu dem mitgezählten Ostertage eines spätern Jahres $\mathfrak{A}$, sobald man die Summe der in diesem Zeitraume enthaltenen julianischen Schalttage mit k bezeichnet, immer

$$[365(\mathfrak{A}-Z)+k+1+d+e] \text{ Tage}$$

verflossen. Ist der 21. März des Jahres Z ein *Sonntag* gewesen, so muss die Anzahl dieser Tage eine durch 7 ohne Rest theilbare Grösse seyn.

§. 77.

Man wähle den 21. März 1700 *neuen Styles*. Dieses Jahr war kein Schaltjahr und hatte (§. 40.) den gregorianischen Sonntagbuchstaben C. Mithin war der 1. Januar ein Freitag und, weil der 21. März im Gemeinjahre der 80. Tag und $\frac{80}{7}=11+\frac{3}{7}$ ist, dieser letztere ein Sonntag. Also ist

$$365(\mathfrak{A}-1700)+k+1+d+e$$

eine durch 7 ohne Rest theilbare Grösse und behält diese Eigenschaft, wenn man sie um ein Vielfaches von 7 vermehrt oder vermindert. Ist dann b der Rest, den man erhält, wenn irgend ein Zeitraum, hier $(\mathfrak{A}-1700)$, durch 4 dividirt wird, so ist $k=\frac{1}{4}(\mathfrak{A}-1700\times b)$ die Anzahl der in demselben enthaltenen Schalttage, und $\frac{1}{4}(\mathfrak{A}-1700-b)$, so wie $52\times 7(\mathfrak{A}-1700)$ und 728×7, also auch

$$365(\mathfrak{A}-1700)+\tfrac{1}{4}(\mathfrak{A}-1700-b)+\tfrac{1}{4}(\mathfrak{A}-1700-b)+1+d+e$$
$$=367(\mathfrak{A}-1700)-2b+1+d+e,$$
$$367(\mathfrak{A}-1700)-52\times 7(\mathfrak{A}-1700)-2b+1+d+e$$
$$=3\mathfrak{A}-5100-2b+d+e,$$
$$3\mathfrak{A}-5100+(728\times 7)-2b+1+d+e$$
$$=3\mathfrak{A}-2b+d+e-3$$

durch 7 ohne Rest theilbar. Ist aber c der Rest, den man erhält, wenn $\mathfrak{A}$ durch 7 dividirt wird, so ist $(3\mathfrak{A} - 3c)$ durch 7 ohne Rest theilbar. Dasselbe gilt von $(7c + 7d)$. Also bleibt diese Eigenschaft auch den Grössen

$$3\mathfrak{A} - (3\mathfrak{A} - 3c) - 2b + d + e - 3$$
$$= 3c - 2b + d + e - 3,$$
$$(7c + 7d) - (3c - 2b + d + e - 3)$$
$$= 2b + 4c + 6d - e + 3 = 7X,$$
$$X + \frac{e}{7} = \frac{2b + 4c + 6d + 3}{7} = \frac{2b + 4c + 6d + Q}{7};$$

d. h. es ist e der Rest, den man findet, wenn man $2b + 4c + 6d + Q$ durch 7 dividirt.

§. 78.

Im *gregorianischen* Kalender ist Q eine veränderliche Grösse; denn weil k bisher die, mittelst der Division der im Zeitraume $(A - 1700)$ enthaltenen Tage durch 4 gefundene, Anzahl der julianischen Schalttage bedeutet, so wird, vom 21. März 1700 herwärts gezählt, der Werth von k, also auch der Ausdruck

$$365(\mathfrak{A} - Z) + k + l + d + e$$

so oft um einen Tag kleiner, mithin Q um 1 grösser, als ein Schalttag ausfällt (§. 28.). Ist aber das gregorianische Jahr Z vor 1700 gewählt, und sein 21. März abermal ein Sonntag, so muss wegen der Bedeutung des k berücksichtigt werden, dass der julianische Schalttag des Jahres 1700 bisher nicht in Rechnung genommen worden ist, weshalb für jenen Anfang und wenn kein Schalttag ausfiele, also insbesondere für die *gregorianischen* Jahre von 1582 bis 1699 incl. die Grösse

$$365(\mathfrak{A} - Z) + k + l + d + e + 1$$

und hieraus

$$3c - 2b + e - 2$$

also $Q = 2$ entsteht. Auf solche Weise gelangt man zur folgenden Tabelle:

Zeitraum.	Q.	Zeitraum.	Q.
1583 bis 1699	2	2600 bis 2699	3
1700 „ 1799	3	2700 „ 2899	4
1800 „ 1899	4	2900 „ 2999	5
1900 „ 2099	5	3000 „ 3099	6
2100 „ 2199	6	3100 „ 3299	0
2200 „ 2299	0	3300 „ 3399	1
2300 „ 2499	1	3400 „ 3499	2
2500 „ 2599	2	3500 „ 3599	3

§. 79.

Im *julianischen* Kalender ist der Werth von Q eine constante Grösse. Weil nämlich i. J. 1700 der gregorianische 21. März dem julianischen um 11 Tage vorausgeeilt war (§. 29.), so muss für die Osterrechnung alten Styles

$$365(\mathfrak{A} - 1700) + k + l + d + e + 11$$

genommen werden, wodurch im Verlaufe der Rechnung

$$3\mathfrak{A} - 2b + d + e - 3 + 11,$$

$$3\mathfrak{A} - 2b + d + e - 3 + 11 - (2 \times 7)$$

$$= 3\mathfrak{A} - 2b + d + e - 6$$

und $Q = 6$ entsteht, welcher Werth immer derselbe bleibt, weil, wenigstens seit dem Jahre 4 *Æ.* V., die julianischen Schalttage in unveränderter Ordnung geblieben sind.

§. 80.

Auf diesen Entwickelungen beruht folgende allgemeine Formel zur Berechnung des Osterfestes sowohl in dem julianischen als gregorianischen Kalender.

Man dividire	durch	und nenne den Rest
das gegebene Jahr	19	a
das gegebene Jahr	4	b
das gegebene Jahr	7	c
die Zahl $(19a + M)$	30	d
die Zahl $(2b + 4c + 6d + Q)$	7	e

wobei im *julianischen* Kalender immer $M = 15$ und $Q = 6$, im *gregorianischen* dagegen veränderlich ist (§. 75. 78.); dann hat man Ostern am $(22 + d + e)^{ten}$ März oder am $(d + e + 9)^{ten}$ April. Z. B. für 1853 ist

julianisch:		gregorianisch:	
a	= 10	a	= 10
b	= 1	b	= 1
c	= 5	c	= 5
d	= 25	d	= 3
e	= 3	e	= 2
Ostern	= 19. April.	Ostern	= 27. März.

Der julianische 19. April ist der $(19 + 12 - 30)^{te} = 1$. gregorianische Mai.

§. 81.

Diese Regel hat im julianischen Kalender keine, im *gregorianischen* aber zwei Ausnahmen, nämlich:

1) *Wenn die Rechnung den* 26. *April gibt, ist dafür immer der* 19. *April zu nehmen.* Die späteste Ostergrenze ist bekanntlich der 18. April; also wäre hier der 26. April der *zweite* Sonntag nach der Ostergrenze, was geradezu der Regel widerspräche, dass der *erste* Sonntag nach dem Ostervollmond zu nehmen ist. Da übrigens der 26. April = der $(22+29+6)^{te}$ März ist, so hat man hier einen excessiven Werth von d und das Maximum von e (§. 75. 76.), was nur eintreffen kann, wenn die Epakte XXV. oder XXIV. und der Sonntagbuchstabe D gegeben sind, wie z. B. im Jahre 2076, wofür $a = 5$, $b = 0$, $c = 4$, $M = 24$, $Q = 5$, $d = 29$ und $e = 6$ ist.

2) *Wenn die Rechnung den* 25. *April gibt, so setzt man dafür den* 18. *April, ausgenommen* die Jahre, welche die Epakte XXV. oder XXIV. und den Sonntagbuchstaben C haben, z. B. 1666, 1734, 1886, 1943, 1954, 2038, 2049, 2106 u. s. w. Es kann nämlich Ostern nur dann auf den 25. April fallen, wenn die späteste Ostergrenze und zwar auf einen Sonntag fällt, wozu obige Bedingungen gehören.

§. 82.

Das gegenwärtige Jahrhundert zeigt sehr frühe gregorianische Ostern 1818 am 22. März, (welche Grenze vor 2285 nicht mehr erreicht werden wird) und 1845 und 1856 am 23. März; sehr späte 1848 am 23. April, 1859 am 24. April und 1886 am 25. April.

Viertes Kapitel.

§. 83.

Zeitperiode heisst eine immer wiederkehrende Reihe von Jahren, nach denen sich gewisse astronomische Ereignisse und Zeitverhältnisse erneuern, und ist also dann gleichbedeutend mit dem Worte Cyklus (§. 34.), oder man versteht darunter eine immer wiederkehrende Reihe von Jahren, die durch multiplicative Verbindung zweier oder aller drei Cyklen der Sonne, des Mondes und der Indictionen mit einander entstanden sind und nennt sie dann *Grundperiode*. *Aera*, *Zeitrechnung* dagegen bedeutet eine bestimmte Art und Weise, die Jahre in einer fortlaufenden, nicht wiederkehrenden Reihe zu zählen. Der Anfangpunkt einer solchen fortlaufenden Reihe heisst *Zeitpunkt*, *Jahrrechnungsgrenze*, *Epoche* (Epocha, Terminus, Radix) und ist in der Regel ein an und für sich oder doch für ein bestimmtes Volk merkwürdiges Ereigniss. Dabei werden die Jahre einer Aera nicht nur *herwärts* mit dem Beisatze nach, sondern auch *hinwärts* mit dem Beisatze vor gezählt, oder man bezeichnet die Jahre einer Aera mit 1, 2, 3 ... und die ihr vorhergehenden in aufsteigender Ordnung mit -1, -2, -3 ...

§. 84.

Um die *Reduction* eines gegebenen Jahres x irgend einer fremden Aera auf das entsprechende Jahr $\mathfrak{A}$ unserer gemeinen christlichen Zeitrechnung oder umgekehrt, oder dieselbe bezüglich einer Periode zu zeigen, werde zuerst angenommen, dass die fremde Aera oder Periode im 3. Jahre vor unserer Zeitrechnung d. i. ante Aeram vulgarem (a. Æ. V.) anfange, und dass man also habe

$\mathfrak{A}$ ... $-5, -4, -3, -2, -1, 1, 2, 3, \ldots$.

x ... $-2, -1, 1, 2, 3, 4, 5, 6, \ldots$.

Man sieht, dass die Abhängigkeit dieser Zahlen $\mathfrak{A}$ und x

von einander dargestellt werden kann durch $x = \mathfrak{A} + 3$, wenn $\mathfrak{A}$ und x zugleich positiv oder negativ sind, oder durch $x = \mathfrak{A} + 4$, wenn $\mathfrak{A}$ negativ und x positiv ist. Fällt aber der Anfang der fremden Aera oder der Periode in das dritte Jahr unserer gemeinen Zeitrechnung, so hat man

$$\mathfrak{A} \ldots -2, -1, 1, 2, 3, 4, 5 \ldots.$$
$$x \ldots -4, -3, -2, -1, 1, 2, 3, \ldots$$

also $x = \mathfrak{A} - 2$, wenn $\mathfrak{A}$ und x zugleich positiv oder zugleich negativ sind, oder $x = \mathfrak{A} - 3$, wenn x negativ und $\mathfrak{A}$ positiv ist. Fällt daher überhaupt der Anfang der Periode oder der fremden Aera in das m^{te} Jahr *vor* unserer Zeitrechnung, so hat man

$$x = \mathfrak{A} + m, \quad (1.$$

wenn $\mathfrak{A}$ und x *gleiche* Zeichen haben, und

$$x = \mathfrak{A} + (m + 1), \quad (2.$$

wenn $\mathfrak{A}$ und x *ungleiche* Zeichen haben.

Fällt dagegen jener Anfang in das m^{te} Jahr unserer Zeitrechnung, so hat man

$$x = \mathfrak{A} - (m - 1), \quad (3.$$

wenn $\mathfrak{A}$ und x *gleiche* Zeichen haben, und

$$x = \mathfrak{A} - m, \quad (4.$$

wenn $\mathfrak{A}$ und x *ungleiche* Zeichen haben.

I. Perioden.

§. 85.

Man unterscheidet vier *Grundperioden*, von denen jedoch nur die zwei zuletzt zu nennenden von praktischem Nutzen sind. Die ersten drei sind folgende:

1) Die *Mond-Indictionen-Periode* von $19 \times 15 = 285$ Jahren, deren erstes zugleich das erste unserer gemeinen christlichen Zeitrechnung ist.

2) Die *Sonnen-Indictionen-Periode* von $28 \times 15 = 420$ Jahren, die denselben Anfang wie die vorige hat.

3) Die *Mond-Sonnen-Periode* von $28 \times 19 = 532$ Jahren, auch die *Victorianische* oder *Dionysius'sche* Osterperiode genannt (§. 70.). *Dionysius E.* setzte den Anfang dieser Periode auf das 1. Jahr *vor* unserer Zeitrechnung, vielmehr

auf das Jahr 531 derselben (§. 37. 45.). Wird diess nicht ausdrücklich bemerkt, so denkt man, auch diese Periode habe denselben Anfang wie die vorigen. Unter dieser Voraussetzung findet man mittelst der Division einer gegebenen Jahrzahl durch 285, 420 und 532 den Rest, welcher anzeigt, das wie vielte dasselbe in der laufenden Periode sey; bleibt kein Rest, so ist es das letzte in derselben. Dergestalt erhält man z. B. für 1852 nach der Reihe 142, 172 und 256.

§. 86.

Die wichtigste Grundperiode, der grosse historische Massstab, auf den alle verschiedenen Zeitbestimmungen reducirt werden, ist

4) die *julianische Periode*, erfunden von *Joseph Justus Scaliger*, Professor der Geschichte zu Leyden, gest. 1609; so genannt, weil sie nach julianischen Jahren zählt. Sie nimmt zugleich mit dem Sonnen-, Mond- und Indictionen-Cyklus ihren Anfang, und erneuert sich erst, wenn alle diese Cyklen zugleich abgelaufen sind. Sie zählt also $28 \times 19 \times 15 = 7980$ Jahre. Ihr erstes Jahr hat den Sonnencyklus 1, den Indictionencyklus 1 und die goldene Zahl 1, eine Combination, die erst im Jahre 3268, welches das 1. der zum zweiten mal beginnenden Periode ist, wieder eintrifft. Jedes der 7980 Jahre hat seine eigenen Cykluszahlen, welche die Reste der Division eines jeden Jahres durch 28, 19 und 15 sind; z. B. für 6566 der Periode oder 1853 Æ. V. sind es die Zahlen 14 als Sonnencirkel, 11 als goldene und Indictionen-Zahl.

§. 87.

Kennt man von einem Jahre Æ den Sonnen-, Mond- und Indictionen-Cyklus, mithin alle chronologischen Merkmale desselben, so kann man finden, das wie vielte der julianischen Periode es sey, wenn man die der unbestimmten Analytik zugehörige Aufgabe auflöset: „*Eine Zahl zu finden, die mit 28, mit 19 und mit 15 dividirt, gegebene Reste übrig lässt.*“ Es soll die Aufgabe für das Jahr 1853

Æ. V. gelten, welches im Sonnencyklus das 14., im Mond- und Indictionencyklus das 11. ist. Wenn dieses Jahr das t^{te} in der julianischen Periode ist, so muss zugleich

$$t = 28x + 14 = 19y + 11 = 15z + 11$$

seyn, d. h. t ist eine Zahl, die x ganze Sonnencyklen und 14 Jahre darüber u. s. f. enthält, wobei x, y und z offenbar ganze Zahlen sind. Es ist also zunächst

$$19y + 11 = 28x + 14$$

$$y = \frac{28x + 3}{19} = x + \frac{9x + 3}{19},$$

und $9x + 3$ muss sich durch 19 ohne Rest theilen lassen, so wie alle weiter vorkommenden Reste nur ganze Zahlen seyn können. Deshalb hat man

$$\frac{9x+3}{19} = A; \quad x = \frac{19A - 3}{9} = 2A + \frac{A - 3}{9} = 2A + B;$$

$$A = 9B + 3$$

$$x = \frac{19(9B + 3) - 3}{9} = 19B + 6. \qquad (1.$$

Gemäss der Aufgabe hat man ferner

$15z + 11 = 28x + 14$, mithin

$$z = \frac{28x + 3}{15} = x + \frac{13x + 3}{15} = x + C$$

$$x = \frac{15C - 3}{13} = C + \frac{2C - 3}{13} = C + D;$$

$$C = \frac{13D + 3}{2} = 6D + 1 + \frac{D + 1}{2}$$

$$= 6D + 1 + E;$$

$$D = 2E - 1$$

$$C = \frac{13(2E - 1) + 3}{2} = 13E - 5$$

$$x = \frac{15(13E - 5) - 3}{13} = 15E - 6. \qquad (2.$$

Stellt man aus (2.) und (1.) die Werthe von x zusammen, so wird

$$15E - 6 = 19B + 6$$

$$E = \frac{19B + 12}{15} = B + \frac{4B + 12}{15} = B + F;$$

$$B = \frac{15F - 12}{4} = 3F - 3 + \frac{3}{4}F$$
$$= 3F - 3 + G;$$
$$F = \tfrac{4}{1}G = G + \tfrac{3}{1}G = G + H;$$
$$G = 3H$$
$$F = 4H$$
$$B = \frac{(15 \times 4H) - 12}{4} = 15H - 3$$
$$x = 19(15H - 3) + 6 = 19 \times 15H - 51$$
$$t = (28 \times 19 \times 15H) - (28 \times 51) + 14$$
$$= 7980H - 1414.$$

Hier könnte man für H jede ganze Zahl nehmen. Weil aber noch keine ganze Periode verflossen ist, so kann man nur H = 1 gebrauchen, weshalb das Jahr 1853 Æ. V. das $(7980 - 1414)^{te} = 6566^{te}$ der julianischen Periode ist. Der Anfang dieser Periode fällt deshalb so, dass das erste Jahr unserer Zeitrechnung das $(6566 - 1852)^{te} = 4714^{te}$ der julianischen Periode ist, und die Epoche dieser letztern mithin mit dem Jahre 4713 vor unserer Zeitrechnung zusammenfällt. Deshalb ist es leicht, mit Hilfe der oben entwickelten Formeln (1.) und (2.) die gegenseitigen Reductionen vorzunehmen; z. B.

752 a. Æ. V. = 4714 — 752 = 3962 der julian. Periode;
3938 d. j. Per. = 4716 — 3938 = 776 a. Æ. V.

§. 88.

Die übrigen Perioden sind folgende:

1) die: *chaldäische* oder die *Periode der Finsternisse*, umfasst 223 synodische Monate, weil die Chaldäer wahrgenommen hatten, dass nach eben so vielen Mondwechseln die Mondfinsternisse in derselben Ordnung und Grösse wiederkehren.

2) die *Hundstern-Periode*, auch die *cothische* genannt, annus magnus cannicularis, von den Aegyptern auf 1460 Jahre festgesetzt (§. 18.), nach deren Verlauf aufs neue der Frühaufgang des Syrius (Sothis) mit dem Anfange des Jahres, dem 1. Thoth, zusammentraf. Diese Periode fing mit den Jahren 1312 a. Æ. V. und 189 Æ. V. an u. s. f.

3) die *Kalippische* oder *76jährige* Periode von 27759 Tagen. *Meton* hatte nämlich wahrgenommen, dass 235 synodische Monate mit 6940 Tagen zusammenfallen (§. 44.). Etwa ein Jahrhundert später versuchte *Kalippus*, in Beziehung zu der von ihm als richtig angenommenen Jahreslänge von $365\frac{1}{4}$ Tagen, eine Verbesserung des Meton'schen Cyklus. Dieser gab nach seiner Meinung das Jahr um $\frac{1}{76}$ Tag zu lang; und es ist auch

$$\frac{6940}{19} - 365{,}25 = 0^d{,}01316;$$

was mit dem obigen Bruche beinahe einerlei ist. Deshalb nahm *Kalippus* den 19jährigen Cyklus viermal, und liess dann einen Tag hinweg; mithin betrug seine Periode $(6940 \times 4) - 1 = 27759^d$; dividirt man diese Zahl durch 76, so erhält man $365^d{,}25$ als die mittlere Dauer eines Jahres. Zugleich aber waren nach *Meton*

19 Jahre = $6940^d{,}000000$; und es sind
235 synodische Monate = 6939,687945;
also war die Differenz = 0,321055. Dagegen
nimmt *Kalippus* 76 Jahre = $27759^d{,}00000$; es sind aber
4×235 synod. Monate = 27758,75178;
diess gibt eine Differenz = 0,24822, die kleiner als die vorige ist.

4) Die *Hipparchische Periode*. *Hipparch*, der von 160 bis 125 a. Æ. V. beobachtete, kannte bereits die Länge des Sonnenjahres und die Bewegung des Mondes genauer als seine Vorgänger, und stellte daher eine 304jährige Periode auf, die aus 4 kalippischen weniger 1 Tag bestand, denen $4 \times 4 \times 235 = 3760$ Mondmonate angehören. Es nahm also die Dauer des Sonnenjahres $= \frac{111035}{304} = 365^d{,}24672$ d. i. nur um $0^d{,}00447 = 6^m 32^s$ zu gross, während der kalippische Fehler noch $0^d{,}00776$ betragen hatte.
Zugleich ist zwischen 304 Jahren = $111035^d{,}00000$
und 3760 synodischen Monaten = 111035,00712
die negativ zu nehmende Differenz = 0,00712
viel geringer als die vorhergehende, so dass auf den synodischen Monat noch keine Secunde zu wenig trif.

5) Die *indischen Perioden*, welche viele Jahrtausende umfassen, scheinen nicht auf wirklichen Beobachtungen und Berechnungen gegründet und erst in ziemlich später Zeit ausgedacht worden zu seyn.

III. Aeren.

§. 89.

Heilige oder *kirchliche Aeren* heissen diejenigen, deren man sich in der christlichen Religions- und Kirchengeschichte bedient. Die vorzüglichsten sind:

I. Die *christliche*; Epoche die Menschwerdung und Geburt Jesu Christi. Man unterscheidet:

1) die *gemeine*, jetzt durchgängig angenommene Aera Vulgaris (Æ. V. oder nach Christus); Epoche 4714 Per. Jul. oder 777 der Olympiaden d. h. das 1. der 195. Olympiade (das aber erst ungefähr am 1. Julius anfing) oder 753 U. C. oder 4005 M. C. (cykl. ☉ = 10, cykl. ☾ = 2, Indict. 4).

2) die *wahre*; Epoche das wahre Geburtjahr Christi, nämlich 3999 M. C. = 4708 Per. Jul. = 748 U. C., in welchem der Heiland um Mitternacht vom 24. zum 25. December, Freitag auf Samstag, geboren worden ist.

II. Die *Weltschöpfungs-Aere*, Aera Mundi conditi, welcher der Glaube an Gott den Erschaffer der Welt zum Grunde liegt, daher sich nur die Juden und Christen derselben bedienen:

1) die *altjüdische* oder *Jobelaere*; Epoche der 10. April 4179 a. Æ. V.; mithin aus der Gleichung 1. und 2. im §. 84.

$x = \mathfrak{A} + 4179$ Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + 4180$ a. Æ. V. oder $4180 - \mathfrak{A}$ a. Æ. V.

2) die *neujüdische*; Epoche der 26. März 3762 a. Æ. V. Weil das neujüdische Jahr im Herbste anfängt, hat man

$x = \mathfrak{A} + 3761$ Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + 3762$ a. Æ. V. oder $3762 - \mathfrak{A}$ a. Æ. V.

3) die *biblische*, welche bis zur Geburt Christi 6000 und bis zum Anfange unserer Æ. V. 4004 vollkommen ver-

Sonnen-Jahre annimmt, und deren Schaltjahre zugleich die gewöhnlichen durch 4 ohne Rest theilbaren sind; also Epoche der 25. Dec. 4005 a. Æ. V. Die Jahre dieser Aere werden mit M. C. bezeichnet.

$x = \mathfrak{A} + 4004$ Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + 4005$ a. Æ. V. oder $4005 - \mathfrak{A}$ a. Æ. V.

4) die *historische* oder *alexandrinische*, erfunden im 3. Jahrhunderte von *Sextus Julius Africanus*, zuerst von den Alexandrinern gebraucht und erst im 15. Jahrhunderte bei den Patriarchen von Konstantinopel ausser Gebrauch gekommen; Epoche 1. Sept. 5505 a. Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + 5504$ Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + 5505$ a. Æ. V. oder $5505 - \mathfrak{A}$ a. Æ. V.

5) die *antiochenische* oder *neue alexandrinische* oder die *Kirchenjahrrechnung*, von dem ägyptischen Mönche *Panodorus* im 5. Jahrhundert erfunden; Epoche 1. Sept. 5494 a. Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + 5493$ Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + 5494$ a. Æ. V. oder $5494 - \mathfrak{A}$ a. Æ. V.

6) die *bürgerliche* oder *constantinopolitanische*, Æ. C. P., oder *byzantinische*; Epoche 1. Sept. 5509 a. Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + 5508$ Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + 5509$ a. Æ. V. oder $5509 - \mathfrak{A}$ a. Æ. V.

7) die *der Märtyrer* oder *der Gnade*; jetzt noch bei den abyssinischen und aethiopischen Christen gebräuchlich; Epoche 29. August 284 a. Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + 283$ Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + 284$ a. Æ. V. oder $284 - \mathfrak{A}$ a. Æ. V.

8) die *des Eusebius* oder *des römischen Martyrologiums*; Epoche 2. Mai 5200 a. Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + 5200$ Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + 5201$ a. Æ. V. oder $5201 - \mathfrak{A}$ a. Æ. V.

Die 70 Uebersetzer der Bibel nehmen die Epoche 5634, *Suidas* 4000, *Scaliger* und *Calvisius* 3949, *Petau* 7. März 3984 a. Æ. V. u. dgl. m.

§. 90.

Die *profanen* oder *politischen Aeren* werden nur in der Profan (Völker- oder Staaten)-Geschichte gebraucht. Von

den vielen, deren fast jedes Volk eine eigene, oft mehrere zugleich hatte, sind die vorzüglichsten:

I. Die *Nabonassarische*, deren sich *Ptolemäus* in seinem Almageste bediente; Epoche 26. Februar 747 a. Æ. V. Dieser Aere liegt das wandernde Jahr der alten Aegypter (§. 18.) zum Grunde.

$x = \mathfrak{A} + 747$ Æ. V.

II. Die *der Olympiaden*. Olympiade heisst ein Zeitraum von je vier Jahren. Sie hat ihren Namen von den Kampfspielen, welche in der Landschaft Elis bei der Stadt oder der dem Zeus geweihten Stätte Olympia von den Griechen alle vier Jahre vom 11. bis zum 15. des Monats Hecatombäon, dessen Vollmond zunächst nach dem Sommersolstitium fiel, feierlich begangen wurden. Epoche 19. Julius 776 a. Æ. V., seit welchem sie in ununterbrochener Ordnung fortdauerten.

$\frac{776 - \mathfrak{A}}{4} = Q + \frac{q}{4}$ a. Æ. V.; $\frac{775 - \mathfrak{A}}{4} = Q + \frac{q}{4}$ Æ. V.

$x = (q+1)^{te}$ der $(Q+1)^{ten}$ Olympiade.

$P = 4(Q-1) + (q-1)$;

ist $P > 775$, so ist $\mathfrak{A} = P - 775$ Æ. V.

ist $P < 775$, so ist $\mathfrak{A} = 776 - P$ a. Æ. V.

III. Die *der Erbauung Roms*, Aera Urbis Conditae, U. C.

1) die *Capitolinische* auf dem Grunde der Fasti capitolini d. i. der auf dem Capitol befindlichen steinernen Tafel, worauf die Geschichte Roms kurz verzeichnet war; Epoche die letzte Hälfte des Jahres 752 a. Æ. V.

2) die *Varronische*, etwa 140 a. Æ. V., berechnet von *Terent. Varro*; Epoche im Frühling 753 a. Æ. V.

$x = \mathfrak{A} + \frac{752}{753}$.

IV. Die *der Seleuciden*, welche von den Syrern und unter den syrischen Regenten von den Hebräern gebraucht wurde; in den Büchern der Maccabäer die Aere der Herrschaft der Griechen, auch die Aere der Contracte genannt, weil sich die Juden derselben in ihren bürgerlichen Verträgen bedienen mussten. Sie beginnt mit dem Einzuge des *Seleukus Nicators*, eines der Feldherrn

Alexanders des Grossen, in Babylon am 1. April 312 a. Æ. V. (§. 19.).

V. Die *türkische* oder die des *Hegyra* (Hedschra) d. i. der Flucht Mohammeds von Mekka nach Medina.

Epoche im bürgerlichen Leben 16. Julius 622 Æ. V.
„ für die Astronomen 15. Julius 622 Æ. V.

Vermöge der Gleichung (3.) im §. 84 ist $x = \mathfrak{A} - 621$.

VI. Minder bedeutend ist die Aera

der römischen Kaiser; Epoche	1. Jan.	27	a.	Æ.	V.
des Actischen Sieges; „	1. Mai	31	„	„	„
die caesarische; „	Jahr	48	„	„	„
die spanische; „	„	38	„	„	„
die philippinische; „	„	324	„	„	„

§. 91.

Dionysius Exiguus hat die Æ. V. eingeführt und als Epoche derselben den 25. December 753 U. C. oder 1. a. Æ. V. angenommen, wie es schon *Panodorus* im 5. Jahrh. gethan hatte. Als Geburttag Christi galt anfangs in den morgenländischen, griechischen und aegyptischen Kirchen der 6. Januar, in den abendländischen dagegen der 25. December = VIII. Kal. Jan. Gegen das Ende des 4. Jahrh. schlossen sich die meisten orientalischen Kirchen der andern Praxis an, und *Justinian* (Kaiser von 527 bis 565) befahl, dass allgemein am 25. December das Geburtfest Jesu gefeiert werde. In spätern und neuern Zeiten versuchten Einige, dasselbe in den Februar oder März oder October zu setzen. (vergl. §. 101.).

Es kann aber hier kein anderes Datum Geltung haben, als der 25. December; denn, wie der heilige *Chrysostomus* (geb. 347, gest. 407) in Hom. 72, Tom. 5. de Natali sagt, es hatten die Römer diesen Tag aus den Censusrollen als den wahren Geburttag Jesu kennen gelernt, und deshalb sey auch die Abänderung in den anfangs hiervon abweichenden Kirchen erfolgt. Auch bei *Tertullian* (gest. 220) Adv. Marcion. l. IV. c. 6, 19 findet man: „Censum Augusti testem fidelissimum Dominicae Nativitatis romana archivia custodiunt.“ Dasselbe Datum wird angegeben in den Con-

stitut. apostol. und in den wahrscheinlich um das Jahr 354 verfassten und von dem Cardinal *Noris* (geb. 1631, Mitarbeiter an der Verbesserung des Kalenders 1697, gest. 1704) und *Scheelstrate* (geb. 1648, Unterbibliothekar im Vatican, gest. 1692) herausgegebenen Fasti consulares.

Die *späteste* Grenze des Zeitraums, in welchen die Geburt Jesu gefallen seyn muss, ist der 25. Decemb. 749 U. C. Es erfolgte nämlich die Geburt des Herrn noch bei Lebzeiten *Herodes d. Gr.* (Matth. II, 1.), welcher kurz vor seinem Tode die Rädelsführer eines Aufruhrs in einer Nacht verbrennen liess, in der eine Mondfinsterniss statt fand, welche zunächst dem jüdischen Osterfeste voranging (*Joseph.* Alterth. 18, 1; jüdischer Geschichtschreiber, geb. 37.). Für diese Finsterniss kann keine andere Zeitbestimmung gelten als

750. März 3. 2^h 31^m mittl. Jerusal. Zeit,

wodurch der 25. Dec. 749 als späteste Grenze gerechtfertigt ist. Die *früheste* Grenze dagegen ist der 25. Dec. 748 U. C. *Herodes* nämlich liess alle Knaben von *zwei* Altersjahren abwärts umbringen (Matth. II, 16). Mag diess, wie Einige meinen, im Januar oder, wie Andere behaupten, im März 750 geschehen seyn, so weiset in jedem Falle der Umstand, dass der Blutbefehl nicht auf Kinder von *einem* Jahre abwärts lautete, darauf hin, dass der 25. Dec. 749 nicht gelten kann; eben so wenig jener vom Jahre 747, weil in diesem Falle Jesus zur Zeit des Kindermordes bereits älter als zwei Jahre gewesen wäre.

Das Jahr 748 U. C = 6 a. Æ. V. ist auch wirklich das richtige. Die oben genannten Fasti consulares bezeichnen nämlich den VIII. Kal. Jan. als Luna XV. Dieser Ausdruck gibt zu erkennen, dass der Verfasser derselben nach mittlern Neumonden gerechnet habe; diese konnte er als astronomische oder aus den Epakten bestimmt haben. Im ersten Falle musste er (§. 8.) von einem wahren Neumonde ausgehen und abwechselnd um 30 und 29 Tage fortschreiten, und auf solche Weise zum 11. December als letzten Neumond des Jahres 748 gelangen, wie auch in anderer Weise (§. 44.) folgende Rechnung zeigt:

709. I. wahrer Neum. (§. 24.) = 2 Jan. $1^h\,34^m$ Morg. = $1^d,0653$
728. I. mittl. „ $1^d,0653 - 0^d,062$ = 1,0033
747. „ „ „ 1,0033 — 0,062 = 0,9413
748. „ „ „ 0,9413+(13×29,53)—365=19,7313
748. XII. „ „ 19,7313+(11×29,53) =10,5613

Dieses letzte Resultat ist der 11. Dec. $1^h\,28^m$ Abends. Rechnete dagegen der Verfasser der Fasti nach Epakten, so konnte er ebenfalls auf den 11. Dec. kommen. Es traf nämlich 709 der I. wahre Neumond auf den 2. Januar; also gilt für dieses Jahr eigentlich die Epakte XXIX. (§. 58.), eben so für 747 und deshalb X. für 748, womit der 11. December als letzter Neumond sich ergibt. Nach der julianischen Epaktenreihe traf er auf den 10. Dec., und nach *Largeteau's* Tafeln hat man für ihn

748. Dec. 10. $8^h\,56^m$ Abds. mittl. Röm. Zeit.

Mithin ist der 25. Decemb. 748 mit aller für mittlere Angaben hinreichenden Genauigkeit als Luna XV. d. i. als 14. Tag nach dem 11. Dec. bezeichnet. Es konnte auch in der Nähe dieses Jahres kein anderes seyn, in welchem der letzte mittlere oder wahre Neumond auf den 10. oder 11. Dec. traf; man hat vielmehr

U. C. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755.
Dec. 4. 22. 11. 30. 20. 9. 28. 17. 6. 25.

Dabei braucht hier keine Rücksicht auf die von den Pontifices fälschlich eingeschalteten Tage (§. 25. Nr. 5.) genommen zu werden, weil zur Zeit, als obige Fasti compilirt wurden, dieser Fehler gemäss der Verordnung des *Augustus* längst compensirt und die ursprüngliche julianische Jahresrechnung zur Norm geworden war. *Solinus* (röm. Grammatiker aus dem 2. oder 3. Jahrh.) sagt von dieser Verordnung: „Ex qua disciplina omnium postea temporum fundata ratio est.“ Bedenklicher möchte es seyn, dass jene Fasti consulares neben obiger Zeitangabe die Consulen *C. Julius Caesar* und *C. Aemilius Paulus* anführen, deren Consulat in das Jahr 754 gehört. Es kömmt aber in den Fastis eine solche Verwechslung der Consulen mehrmal vor und verliert hier an Gewicht gegenüber der doppelten chronologischen Bezeichnung des Tages durch VIII. Kal. Jan. und Luna XV.

In den Evangelien findet man immer πρῶτος statt πρότερος und diesen Superlativ gebräuchlich in der Bedeutung: früher als. Es muss also *Lucas* II, 2. übersetzt werden: „Diese Beschreibung hatte früher statt als Quirinius Statthalter von Syrien (und Judäa) war." Aus der römischen Profangeschichte ist bekannt, dass derselbe 749 in den Orient kam, womit demnach 748 als Geburtjahr Jesu vollkommen übereinstimmt. *Tertullian* sagt freilich a. a. O., dass Sentius Saturninus den damaligen Census ausgeschrieben habe. Saturninus war Statthalter in Syrien von 744 bis in den Sommer 747; die hier besprochene Volkszählung und Steuerkatastrirung wurde 746 ausgeschrieben und dauerte länger als ein Jahr; denn *Josephus* (Alterthum. 17. 13, 5) sagt vom Quirinius: „Missus est a Caesare Quirinius, ut censum ageret bonorum in Syria", und von dem nächsten 766 angefangenen Census ist wohl bekannt, dass er noch 769 in Gallien betrieben wurde, also auch nicht in Einem Jahre vollendet war (Tacit. Ann. II, 6.). Deshalb ergibt sich aus jener Stelle bei *Tertullian* nur so viel, das Christus während der 746 ausgeschriebenen Registration geboren worden sey, was ebenfalls dem Geburtjahre 748 nicht entgegen ist.

Saturn und Jupiter standen 747 vom 20. Mai bis 12. November dreimal mit einander in Conjunction und nur etwa einen Grad von einander entfernt. Hieraus wollten Einige folgern, dass diess der Stern gewesen sey, welcher die Magier geführt habe, und dass man deshalb 747 als Geburtjahr unseres Heilandes annehmen müsse. Obwohl aber jene Planeten mehrere Monate hindurch auffallend nahe bei einander waren, so konnte dennoch diese Constellation den sternkundigen Chaldäern keineswegs so überraschend seyn, dass sie sich zu der offenbar so weiten Reise hätten bewegen lassen; eben so wenig konnte dieselbe eine so starke Leuchtkraft besitzen, wie die heil. Schrift von dem Sterne schildert, oder von den Planeten das gelten, was ebenfalls dort geschrieben ist: dass der Stern mit den Ruhenden ruhte, mit den Gehenden ging u. s. w. Vielmehr weiset dies Alles hin auf eine ausserordentliche wunderbare

Himmelserscheinung, wie auch die bei der Kreuzigung Jesu zur Zeit des Vollmondes eingetretene Verfinsterung der Sonne eine solche war.

Für 748 gilt der römische Sonntagbuchstabe A und der julianische C (§. 41.); mithin war der 25. julianische December der 23. römische. Alles zusammen genommen gibt das Resultat:

Christus ist geboren i. J. 748 U. C. = 6 a. Æ. V. in der Mitternacht vom 24. zum 25. December vom Freitag zum Samstag julianisch d. i. vom 22. zum 23. December, vom Mittwoch zum Donnerstag römisch.

§. 92.

Die Meinungen der ältern und neuern Kirchenscribenten und Chronologen über die Zeit des Todes Jesu variiren vom Jahre 29 bis 34 Æ. V. Da nun nach dem einstimmigen Zeugnisse aller Evangelisten (Matth. XXVIII, 1; Marc. XIV, 12; XVI, 1; Luc. XXII, 17; Joan. XX, 1.) die Kreuzigung Christi am 15. jüdischen Nisan (d. i. zur Zeit des Vollmondes) und namentlich an einem Freitage geschehen ist, so frägt sich zuerst, auf welches der genannten Jahre diese chronologischen Merkmale passen.

Zu diesem Zwecke wurde für jedes Jahr der zunächst an die Frühlingnachtgleiche treffende wahre Neumond aus *Largeteau's* Tafeln in mittlerer Jerusalemer Zeit berechnet, und daraus der Tag der ersten Phase mit Berücksichtigung dessen abgeleitet, was die Talmudisten sagen: dass man auf den Bergen bei Jerusalem die erste Phase oft schon sechs Stunden nach der Conjunction habe wahrnehmen können (§. 7.). Die Zeit des Sonnenunterganges dieses Tages ist die Epoche des 1. Nisans, der mithin, nach unserer Zählungsweise, als nächstfolgender genommen und, damit man den 15. findet, um 14 Tage vermehrt werden muss. Aus §. 41 wurden die entsprechenden Sonntagbuchstaben und aus §. 42 die Ferien des 15. Nisan bestimmt; bei den kritischen Jahren wurde auch der dazu gehörige Vollmond berechnet. Die Resultate stehen in folgender Tafel.

Æ. V.	U. C.	Wahrer Neumond.	I. Phase.	I. Nisan.	XV. Nisan	Feria	Wahrer Vollmond.
29.	782	2.Apr. 7h 10m Abds.	3. April	4. April	18. April	☾	
30.	783	22. Mrz. 7 54 Abds.	23. März	24. März	7. „	♀	6. Apr. 9h 36m Abds.
31.	784	7. Apr. 1 7 Morg.	7. April	8. April	22. „	☾	
32.	785	29. Mrz. 9 56 Abds.	30. März	31. März	14. „	☿	
33.	786	19. Mrz. 12 31 Abds.	19. März	20. März	3. „	♀	3. Apr. 5h 15m Abds.
34.	787	7. Apr. 2 25 Abds.	8. April	9. April	23. „	♀	22. Apr. 9h 3m Morg.

Hieraus ersieht man, dass die vorhin angegebenen chronologischen Merkmale auf die Jahre 30, 33, 34 passen, und dass somit für eines derselben entschieden werden muss. Es sagt aber der Evangelist *Matth.* XXVII, 45 und *Marc.* XV, 33; so wie *Luc.* XXIII, 44: es sey bei der Kreuzigung Christi die Sonne von der 6. bis zur 9. Stunde (d. i. von Mittag bis 3 Uhr) dergestalt verfinstert worden, dass die Sterne am Himmel erschienen und die ganze Erde in Dunkelheit gehüllt war. Dasselbe erzählen der griechische Geschichtschreiber *Thallus* im 3. Buche seiner griechischen Geschichte und die christlichen Apologeten *Tertullian*, *Origines* u. a. Also gegen alle astronomischen Gesetze eine wunderbare Sonnenfinsterniss zur Zeit des Vollmondes, von dreistündiger Dauer und einer Ausdehnung über die ganze Tagesseite der Erde, — ein Ereigniss, das nicht bloss im Judenlande beobachtet werden konnte!

Phlegon von Tralles (in der ersten Hälfte des 2. Jahrh.) sagt in dem 13. oder 14. Buche seiner Geschichte der Olympiaden, dass im 4. Jahre der 202. Olympiade eine ungewöhnlich grosse Sonnenfinsterniss statt gefunden habe. Dieses Jahr dauerte, nach ersten Phasen gerechnet, vom 29. Junius 32 bis zum 19. Junius Æ. V.; in demselben fand keine gewöhnliche Sonnenbedeckung statt, sondern erst am 12. September 33 eine centrale, welche jedoch in das erste Jahr der 203. Olympiade gehört. Von der erstern, und zwar in einer Art, dass sich dasselbe Jahr dafür ergibt, redet auch laut einer durch den Jesuit P. *Dominicus von*

Colonia uns zugekommenen Nachricht die Tradition der Chinesen.

Diesem gemäss muss das Jahr 33 genommen werden, und der Heiland hat mithin bis zu seinem Tode am Kreuze auf Erden gewandelt

von 748 U. C. 25. December Mitternacht
bis 786 U. C. 3. April 3 Uhr Nachmittags,
also 37 Jahre 3 Monate 9 Tage 15 Stunden.

Hiemit stimmt überein die Angabe des heil. *Irenäus*, dass Christus bei seinem Kreuzestode näher an 40 als an 30 Jahren gewesen, so wie die uralte Tradition der Juden, die ihm in ihrer Cabbala ein Alter über 36 Jahren zuschreiben und dasselbe mit dem Alter Isaaks zu der Zeit, als er — ein Typus des sterbenden Christus — geopfert werden sollte, gleichstellen. In letzterer Beziehung insbesondere sagen die Juden in ihrem Buche Seder-Olam, Isaak habe damals das 37. Lebensjahr erreicht gehabt, und halten noch jetzt in ihren Kalendern an dieser Zeitdifferenz zwischen der Geburt Isaaks und dem Opfer Abrahams. Dem heil. *Lucas* III, 23. zufolge war *Jesus* im Anfange seines öffentlichen Lehramtes in den Dreissiger Jahren, wie man auch von demjenigen zu sagen pflegt, der etwa 37 Jahre alt ist; und der heil. *Johannes* II, 23; V, 1; VI, 4 erwähnt ausdrücklich drei Passahfeste, denen der Heiland beigewohnt habe. Alles dieses harmonirt mit dem oben berechneten Alter.

Fünftes Kapitel.

§. 93.

Die weitere Ausführung der christlichen *Festrechnung*, deren Grundlage hauptsächlich die Bestimmung des Ostertages ist, lehrt die verschiedenen Feste und ihre Anordnung im Kalender kennen. Jedoch kann hier nur die Festrechnung der (römisch-)katholischen, der protestantischen und der (schismatisch-)griechischen Kirche berücksichtigt werden.

I. Geschichtliches überhaupt.

§. 94.

Die Römer bezeichneten mit dem Namen *dies festus, Festtag*, jeden Tag, an welchem feierliche Opfer, Gastmahle zu Ehren der Götter oder öffentliche Spiele statt fanden. Mussten zugleich an einem solchen Tage alle öffentlichen Geschäfte ruhen, so war er ein *Feiertag*, *dies feriatus* oder *nefastus*. Die christliche Kirche betrachtete gleich anfangs jeden Festtag auch als Feiertag, und nannte daher dies festus jenen Tag, der bei den heidnischen Römern dies feriatus geheissen hätte. Doch trat später, namentlich im 5. Jahrh., der Unterschied zwischen Fest- und Feiertagen wieder stärker hervor, und besteht in der katholischen Kirche noch dadurch, dass sie *festa Chori* und *festa Fori* unterscheidet, deren erstere blose in der Messe und in dem Officium des Brevieres, die andern auch von dem Volke durch gemeinsamen Kirchenbesuch und Enthaltung von allen öffentlichen und weltlichen Arbeiten gefeiert werden. Weil aber in den ersten Zeiten des Christenthums jeder Tag der Osterwoche ein dies feriatus war, mithin als *Feria* genommen wurde, so scheint diess die Veranlassung gewesen zu seyn, dass schon seit dem 2. Jahrh. in der Kirchensprache die Tage einer jeden Woche überhaupt Feria I., Feria II. u. s. w. benannt wurden. In den Kirchenkalendern jedoch hat das Wort Feria erst nach dem 5. Jahrh. Aufnahme gefunden.

§. 95.

Schon in den ersten Jahrhunderten der Christenheit bereitete man sich durch Fasten zur würdigen Feier der Feste vor und weihte diese Tage dem Dienste Gottes, gewöhnliche Geschäfte und heidnische Sinneslust vermeidend. Daher schon frühzeitig das Verbot ungeziemender Lustbarkeiten an solchen Tagen, so wie, besonders seit *Justinian*, aller öffentlichen und gerichtlichen Arbeiten (*Ferien*), das Gebot der Ausübung aller Noth- und Liebeswerke auch an den Festtagen, der Theilnahme an dem Gottesdienste, des

Gebrauches einer anständigen und feierlichen Kleidung u. dgl. m. Der *Sonntag* insbesondere wird von den Christen darum gefeiert, weil an diesem Tage Jesus auferstanden und die Ausgiessung des heil. Geistes erfolgt ist. Schon zur Zeit der Apostel hielt man an den Sonntagen religiöse Zusammenkünfte, und bereits im 2. Jahrhunderte war die Feier dieses Tages allgemein verbreitet. Die Judenchristen und nach ihnen die orientalische Kirche behielten zum Theil auch noch die Feier des Sonnabends als Sabbaths der Juden bei; die abendländische Kirche dagegen, im Gegensatze des Judaismus, wählte denselben frühe schon als Fasttag. Die älteste Art der Sonntagfeier war einfach: ein Stück aus dem alten, später auch aus dem neuen Testamente wurde vorgelesen; darauf folgten eine Ermahnungrede und Gebete. Daran schloss sich unter Absingen von Psalmen und Hymnen die Feier der eucharistischen Liturgie. Nach beendigter Andacht ging man an die Arbeit. Erst *Constantin d. Gr.* verordnete 321 eine strengere Sonntagfeier, indem er befahl, dass alle öffentlichen, gewöhnlichen und gerichtlichen Arbeiten an diesem Tage unterbleiben sollten; die Landleute jedoch durften die günstige Witterung auch an Sonntagen zu ihren Feldarbeiten benutzen. *Theodosius* (gest. 395) erliess hierüber noch strengere Verordnungen, und ein späteres Gesetz von 425 verbot auch das Schauspiel an Sonntagen. Im 8. Jahrh. wurden in den germanisch-christlichen Reichen alle diese geschärften Vorschriften neuerdings zur Geltung gebracht. Dermal findet man die strengste Sonntagfeier in der englischen Hochkirche.

§. 96.

Die *Zahl der Feste* war in den ersten Jahrhunderten sehr gering; man feierte nur den Sonntag, Ostern, Pfingsten und den Charfreitag. Bald kamen dazu das Fest der Epiphania, die Gedächtnisstage einiger Märtyrer und seit der Mitte des 4. Jahrh. das Weihnachtfest. Nach und nach entstand ein vollständiger Festkreis mit drei Hauptabtheilungen, dem Weihnacht-, Oster- und Pfingstcyklus. In diese einzelnen Cyklen, besonders in die von grössern Festen entblössten Zeiträume, legte man nach und nach noch eine grosse An-

zahl von Marien-, Engel- und Apostelfesten, so wie Gedächtnisstage der Märtyrer, Heiligen u. s. w., so dass bereits im 16. Jahrhunderte die Hälfte der Tage im Jahre zu Festtagen geworden war. Papst *Urban VIII.* (1623 bis 1644), noch mehr *Benedict XIV.* i. J. 1748, zuletzt *Clemens XIV.* i. J. 1771, beschränkten die Anzahl der gebotenen Feiertage und verordneten, dass viele derselben von den Wochentagen auf die Sonntage verlegt wurden. Demnach wurden 1749, 1753 und 1771 in Oestreich, 1773 in Preussen, 1789 in Spanien, dann auch in Portugal und andern Ländern viele Feiertage „abgeschafft". Die Festa Chori jedoch erhielten und erhalten immer Zusätze von Heiligen und Seligen, welche unter den resp. Päpsten beatificirt oder canonisirt worden sind.

Das *Kalendarium* oder der *Kirchenkalender*, dessen Anfertigung schon der Apostel *Paulus* den Kirchenvorständen empfohlen haben soll, war anfangs eine in den verschiedenen Kirchen auch verschiedene Uebersicht der Jahresfeste, ohne dass diese nach Monaten, Wochen und Tagen geordnet waren. Ein dergestalt geordnetes Verzeichniss der Feste kam erst im 6. Jahrh. in Gebrauch. Die deutschen Kalender reichen nicht über das 9. Jahrh. hinauf (§. 26.).

Bei der Reformation im 16. Jahrh. wurden ausserhalb der katholischen Kirche viele Feste, z. B. die auf die Verehrung Mariä bezüglichen, abgeschafft; aus Gewohnheit jedoch, besonders dort, wo Katholiken und Protestanten zusammenlebten, manche derselben beibehalten. Solche Beschränkungen traf man 1754 in Preussen und in den braunschweig-wolfenbüttelschen Ländern, 1756 in Baden, 1768 im Grossherzogthum Gotha, 1769 in Hannover, 1770 in Hildburghausen, 1771 in Holstein, 1774 im Mecklenburgischen, 1783 im Grossherzogthum Weimar und in Mittel- und Süddeutschland. Dagegen wurden in Preussen und einigen andern Ländern ein Todtenfest, Gedächtnisstage grosser Schlachten und, wie auch in Bayern und Oestreich, das Reformationsfest eingeführt.

Die Griechen behielten bei ihrer Trennung von der abendländischen Kirche die eben genannten Festcyklen bei;

4) *Hohe* und *kleine*, *ganze* und *halbe Feste*, jene im römischen Breviere genannt Festa duplicia, primae et secundae classis, gewöhnlich mit einer Octave, duplicia majora et minora, semiduplicia, simplicia; die andern manchmal auch dies integri et intercisi.

5) *Besondere* (Festa propria) und *allgemeine Feste*; je nachdem sie für eine einzelne Diöcese, für einen besondern Ort u. dgl. oder für die ganze Kirche gültig sind.

6) *Festa Fori* et *Chori*, wie schon oben (§. 83.) bemerkt worden ist.

7) *Ordentliche* und *ausserordentliche Feste*, zu welchen letztern die Kirchweih- und die bei besondern Veranlassungen von den weltlichen Regierungen angeordneten Feste gehören.

8) *Transferirte Feste*, d. h. solche unbewegliche, die manchmal auf einen andern Monattag verlegt werden, damit sie nicht mit einem andern Feste höhern Ranges auf den nämlichen Tag zusammentreffen. In Choro gibt es häufig solche Translationen; in Foro hat man dermal nur eine, nämlich die des Festes der Verkündigung Mariae, so oft als der 25. März ein Charfreitag oder Charsamstag ist, in welchem Falle es auf den Montag nach dem Sonntage Quasimodogeniti verlegt wird.

§. 99.

Man kann das *Kirchenjahr* füglich in zwei ungleichgrosse Abtheilungen trennen. Die erste, die *dogmatisch-geschichtliche* Reihe, erstreckt sich vom Advent bis zum Schlusse der Octave des Frohnleichnamfestes, und hält uns in den Evangelienabschnitten zur Betrachtung vor: die grossen geschichtlichen Thatsachen und die darauf sich gründenden Hauptwahrheiten des Christenthums, das Leben und Werk Christi bis zu seinem sacramentalen Dasein in der Kirche. Die zweite Abtheilung, die *practisch-ascetische* Reihe, behandelt in ihren evangelischen Pericopen das sittlich-religiöse Leben in und mit der Kirche, und entwickelt das Werden, Fortbilden und Vollenden dieses Lebens in den Einzelnen, theils durch das Vorhalten des Tu-

gendbeispieles der Heiligen Gottes, theils durch die Erinnerung an die letzten Dinge des Menschen.

b. Weihnachtcyklus.

§. 100.

Dieser Cyklus ist geweiht dem Andenken an die Geburt und das Amt Christi und der Vorbereitung auf das Fest der Geburt Jesu. Die Zeit dieser Vorbereitung heisst *Advent* oder *Adventzeit*, und wird von der Kirche dadurch begangen, dass sie Busse predigt, öffentliche Vergnügungen, Tanz- und Hochzeitbelustigungen untersagt, das Fasten vermehrt u. s. w. Diese Adventzeit wurde zuerst im 5. Jahrh. und im Bisthum Tours eingeführt, von wo sie sich nach Gallien verbreitete; gegen das Ende des 6. Jahrh. wurde sie in Rom als kirchliche Einrichtung anbefohlen, und im 7. Jahrh. war sie schon in den Kirchenkalendern der Italiener, Engländer und Spanier ein stehender Artikel. Erst im 8. Jahrh., nachdem schon die ganze abendländische Kirche die Feier des Advents im Gebrauche hatte, nahm auch die orientalische Kirche denselben an.

In der lateinischen Kirche hatte der Advent anfangs nach Massgabe, wann Ostern fiel, eine verschiedene Dauer, und man findet in den alten Kalendarien 2 bis 6 *Adventsonntage*, Dominicae ante Natale Domini, verzeichnet und von Weihnacht rückwärts gezählt. Wahrscheinlich hat *Gregor d. Gr.* dieselben auf vier festgesetzt und, dass sie nach der noch jetzt üblichen Weise gezählt werden, verordnet. Deshalb umfasst die Adventzeit seitdem vier Wochen. Der ursprüngliche Gebrauch aber, mit dem 15. November das Fasten zu beginnen, besteht noch in der griechischen Kirche, deren Adventzeit resp. Fasten von diesem Tage bis zum 24. December, diesen mitgezählt, dauert.

Die Nestorianer waren die ersten, welche im 6. Jahrh. das Kirchenjahr mit dem Advent anfingen. Bald darauf folgte ihnen Gallien und dann der übrige Occident. Mit dem Advent beginnt daher die Reihe der Gebete in den Messbüchern und Brevieren, die Reihe der Evangelientexte u. s. w.

§. 101.

Indem hier nun die Aufzählung der Sonn- und hohen Festtage, ihrer evangelischen Perikopen und deren Bedeutung beginnt, wird ein für alle mal gesagt, dass die bei den Sonntagen ausserhalb der Klammern stehenden Benennungen die Anfangsworte des Introitus der Messe sind, und dass an die Stelle der angeführten Lesestücke, sobald ein besonderes Fest auf den Sonntag trifft, der demselben angehörige Evangelientext kömmt.

I. *Adventsonntag.* Ad te levavi.

Schuld und Gericht über die Sünde; der Herr als Welt-Richter: Es werden Zeichen geschehen; Luc. XXI, 25—33.

II. *Adventsonntag.* Populus Sion.

Erlösungs-Bedürftigkeit, ausgedrückt in der Busspredigt des Johannes: Als Johannes im Gefängnisse war; Matth. XI, 2—10.

III. *Adventsonntag.* Gaudete.

Erlösungs-Wirklichkeit; der Erlöser als bereits erschienen verkündigt: Die Juden sandten Priester und Leviten zu Johannes; Joh. I, 19—28.

IV. *Adventsonntag.* Rorate Coeli.

Wie am dritten: Im 15. Jahre der Regierung des Kaisers Tiberius, Luc. III, 1—5.

§. 102.

Das *Weihnachtfest*, der Christtag, Festum Christi, in nativitate Domini, Natale Domini, — hat die Aufgabe, die wirkliche Ankunft des Sohnes Gottes auf der Erde zu feiern. *Epiphania*, Theophania, bedeutete bei den Griechen ein Fest zum Gedächtnisse der Anwesenheit eines Gottes an einem Orte. Mit dieser Bedeutung ging das Fest in das Christenthum über und blieb seit dem 2. Jahrh. auf den 6. Januar fixirt. Ein Jahrh. später fingen die Alexandriner an, zugleich mit demselben auch das Geburtfest Christi zu feiern. Nachdem aber dieses von den orientalischen Kirchen in Uebereinstimmung mit der römischen auf den 25. December verlegt worden war (§. 91.), feierten jene am 6. Januar nur mehr das Erscheinungsfest allein, also wie

die abendländische Kirche die Offenbarung Christi als Erlösers der Heiden, worauf die Beziehung dieses Festes zur Ankunft der Magier beruht, mithin auch die Bezeichnung als Fest der heil. drei Könige, der Adoration der Magier, Festum Stellae (während es von den Protestanten und Griechen das Fest der Erscheinung Christi genannt wird). Im Mittelalter hiess es auch das hohe oder grosse Neujahr, der 12., 13., obriste oder Brechtag, Apparitio Domini oder Baptisterium.

Das mit der Feier des neuen Jahres verbundene Fest der *Beschneidung* Jesu ist in den abendländischen Kirchen erst im 4. Jahrh., in der orientalischen viel später eingeführt worden, dort vorzüglich, um den am 1. Januar bei den Heiden üblichen Bachanalien entgegenzuwirken.

§. 103.

Die Evangelienabschnitte für Weihnacht, für den Sonntag in der Weihnachtoctave, für den Neujahrtag, für den Sonntag nach Neujahr, für das Epiphaniafest und den Sonntag in dessen Octave befassen sich mit der Geburt des Heilandes und mit den ersten Thatsachen und Geheimnissen seiner Kindheit und Jugend. Am 2., 3. und 4. Sonntag nach Epiphania behandeln sie das öffentliche Leben des Gottmenschen in Wundern und Lehren; am 5. und 6. und an den zwei ersten des Osterkreises in passenden Sinnbildern das von Jesus zu stiftende Reich Gottes, die christliche Kirche.

Weihnachtfest.

Geburt Jesu; *Thatsache* derselben: Es ging ein Gebot vom Kaiser Augustus aus; Luc. II, 1—14. Die Hirten sagten zu einander; Luc. II, 15—20; *Geheimniss* derselben: Im Anfange war das Wort; Joh. 1, 1—14.

Sonntag in der Octave des Christtages.

Jesus schon als Neugeborner von Simeon und Anna durch Erleuchtung des heil. Geistes, als Gottes Sohn erkannt und begrüsst; Joseph und Maria verwunderten sich; Luc. II, 33—40.

Neujahrfest.

Der Weltheiland erhält den von Gott bestimmten Namen Jesus: Nachdem acht Tage vollendet waren; Luc. II, 21.

Sonntag zwischen Neujahr und Epiphania. (Dominica vacans; ante lumina, post Strenas).

Veranschaulichung der Weissagung des Simeon: „Er wird vielen zum Falle gereichen" an dem Beispiele des Herodes: Nachdem Herodes gestorben war; Matth. II, 19—23.

* Dieses Evangelium wird gelesen, wenn dieser Sonntag auf den 5. Januar trifft; in den andern Fällen das Evangelium der auf diesen Sonntag treffenden Octave.

Epiphania. (Tag der Lichte in der alten Kirche. Die 12 Tage zwischen Weihnacht und Epiphania hiessen ehemals Dodecameron).

Anerkennung des Gottmenschen durch die Repräsentanten des Heidenthums: Von den Weisen im Morgenlande; Matth. II, 1—12.

I. *Sonntag nach Epiphania.* In excelso.

Schon an dem 12jährigen Knaben erkennt man dessen erhabene Würde: Als Jesus 12 Jahre alt war; Luc. II, 42—52.

II. *Sonntag nach Epiphania.* Omnis Terra. (Architriclinicus).

Erstes Wunder Jesu, das er zur Beglaubigung seiner Person und Lehre zunächst vor seinen Jüngern wirkte: Von der Hochzeit zu Canä; Joh. II, 1—11.

* Fällt dieser Sonntag in die Octave des Epiphaniatages, so trifft die Pericope: Johannes sah Jesum kommen; Joh. I, 29—34.

III. *Sonntag nach Epiphania. Adorate* 1.

Anderes Wunder Jesu, das nicht nur den Glauben an seine Person befestigt, sondern auch das Vertrauen auf Gottes Hülfe in jeder Noth weckt: Jesus heilt einen Aussätzigen; Matth. VIII, 1—13.

IV. *Sonntag nach Epiphania. Adorate* 2.

Wie am dritten; zugleich Tadel eines zu geringen Vertrauens: Vom Schiffilein Christi; Matth. VIII, 23—27.

V. *Sonntag nach Epiphania. Adorate* 3.

Verschiedene Aufnahme der Lehren von Seiten einzelner

Menschen; Gleichniss vom Unkraute unter dem Waizen: Vom guten Samen; Matth. XIII, 24—30.

VI. *Sonntag nach Epiphania. Adorate* 4.

Segenreiche Wirkungen der christlichen Lehren; Gleichniss vom Senfkorn und Sauerteig: Vom Senfkörnlein; Matth. XIII, 31—35.

c. Ostercyklus.

§. 104.

Der zweite Festkreis im Jahre ist der *Ostercyklus;* er umfasst die zur Feier des Leidens und Todes so wie der Auferstehung Jesu bestimmten Tage. Mit dem zur Vorbereitung auf dieselben bestimmten Zeitraume dauert der Ostercyclus vom Aschermittwoch bis zum 6. Sonntage nach Ostern.

Der *Aschermittwoch* ist der Mittwoch nach dem Invocavit-Sonntage, und kömmt schon im 11. Jahrh. vor. Die ihm zunächst vorangehenden drei Tage heissen Dies pingues, der Dienstag insbesondere Faschingdienstag oder Feria carnivora. Mit dem Aschermittwoch beginnt die Zeit der Vorbereitung, die *Fasten*, welche bei einem Theile der alten Christen schon am 70., bei dem andern am 60. Tage vor Ostern anfing, und seit dem Anfange des 3. Jahrh. als Nachahmung des vierzigtägigen Fastens Jesu auf ungefähr eben so viele Tage festgesetzt wird. Hierauf und auf den Abstand der in diesen Cyklus fallenden Sonntage von Ostern gründen sich die Bezeichnungen Dominica in septuagesima, sexagesima, quinquagesima, quadragesima, trigesima, vicesima; Dominica septuagesimae, sexagesimae etc. Alle Sonntage zwischen dem Aschermittwoch und dem Ostertage heissen die *Sonntage der kirchlichen Trauer*, die letzten sechs insbesondere auch *Fastensonntage.*

Die letzte Woche vor Ostern nennt man *Charwoche*, wahrscheinlich von dem altdeutschen Worte kar d. h. leiden oder büssen; auch heilige, grosse, stille oder Leidenswoche. Ehemals wurde sie auch hebdomada authentica, indulgentiae, manchmal hebd. poenae oder poenosa von den grossen Bussübungen, die an diesen Tagen gebräuchlich waren, oder

hebd. inefficiosa, weil sie für Dienerschaft und Beamte geschäftfrei war, genannt. Sie beginnt mit dem *Palmsonntag*, Ramis Palma genannt von dem Einzuge Christi in Jerusalem, wobei ihm Palmen auf den Weg gestreut wurden. Er hiess früher auch Dominica Hosanna von dem dabei angestimmten Gesange, oder Dom. florum, weil mit den Palmblättern auch Blumen gestreut worden waren; oder Dom. capitilavium, weil an diesem Tage die Häupter der Täuflinge gewaschen wurden; oder Dom. indulgentiae, weil an demselben die Absolutio poenitentium verkündigt wurde; oder Pascha competentium, Pascha petitum, Dominica olivarum, blauer Ostertag. Er wurde von der orientalischen Kirche schon im 4., von der römischen erst seit dem 7. Jahrh. gefeiert. Der ihm zunächst vorangehende Sonnabend hiess oft Sabbatum vacans.

Der Donnerstag in der Charwoche heisst der *Gründonnerstag*; an ihm wird das Andenken an die Einsetzung des Abendmahles und die Fusswaschung gefeiert. Das mittelalterliche Latein bezeichnet ihn als Dies viridium, wahrscheinlich weil der gemeine Mann an diesem Tage das erste Grün zu essen pflegte, oder Feria in coena Domini, Dies mysteriorum, absolutionis. Schon die Christen der ersten Zeiten begingen ihn mit besonderer Feierlichkeit; die Gallier gaben ihm deshalb den Namen Natale calicis.

Der *Charfreitag* ist der Freitag in der Charwoche. Nach dem einstimmigen Zeugnisse der Evangelisten war der Todestag unseres Herrn ein Freitag (§. 92.). Deshalb feierte man den Charfreitag schon im 2. Jahrh., obwohl ein förmliches Gebot darüber erst durch *Constantin d. Gr.* erfolgte. Er hiess auch Dies absolutionis, weil in der alten Kirche an diesem Tage die Absolution von den Kirchenbussen erfolgte. Man heiligt ihn durch strengeres Fasten und Beseitigung aller werktäglichen Arbeit, durch Trauer verkündende Aenderungen der Liturgie, durch Schweigen der Glocken und Orgeln u. s. w.

Der darauf folgende Tag heisst *Charsamstag*, Parasceve, Sabbatum luminum oder sanctum, der grosse Sabbath, Osterabend. Er dient zum Gedächtnisse des Hinabsteigens

Christi in die Unterwelt und ist von allen jüdischen Sabbathen der einzige, welchen die christliche Kirche (mit Ausnahme der schismatisch-griechischen) beibehalten hat, und der letzte von den drei Dies lamentationis.

§. 105.

Die Evangelien der ersten zwei Sonntage des Osterkreises bringen uns noch Lehrabschnitte aus den Reden des Heilandes über die Idee des Reiches Gottes, mithin Gleichnisse über die Kirche; hierauf beginnt die Betrachtung des Leidens Jesu, und die Perikopen der Fastenzeit führen ihn uns bald in seiner Erniedrigung, bald in seiner göttlichen Hoheit vor Augen, uns an die Ursache seines Todes — unsere Sünden — erinnernd. An den Sonntagen nach Ostern schildern uns die Evangelienabschnitte die Früchte des Sühnetodes und der Auferstehung des Herrn, so dass in diesen Lesestücken die Grundlagen der eigentlichen Mystik der Kirche zu Tage treten.

Dom. in septuagesima. Circumdederunt.

Gleichstellung hinsichtlich des Lohnes der Erlösten, mögen sie früher oder später in die Kirche getreten seyn, wenn sie nur gleich treu gewirkt haben: Von den Arbeitern im Weinberge; Matth. XX, 1—16.

Dom. in sexagesima. Exsurge.

Verbreitung des Christenthums: Vom Säemann und guten Samen; Luc. VIII, 4—15.

Dom. in quinquagesima. Esto mihi. (Vorfastensonntag, Fastnachtsonntag, weil er der letzte Sonntag vor der Quadragesimalfastenzeit ist und man in der ältern Kirchensprache den Vorabend eines Festes mit dem Worte Nacht bezeichnete, so wie die Festtage in der kirchlichen Feier schon mit der Vesper des Vorabends beginnen (§. 3.).—

Anfang der Betrachtung des Leidens und Sterbens Christi; Ankündigung desselben, als Jesus mit seinen Jüngern zum letztenmal nach Jerusalem hinaufgeht, und dabei einen Blinden sehend macht: Jesus heilt einen Blinden; Luc. XVIII, 31—42.

I. Fastensonntag. Invocabit. (Dominica quintana, in quadragesima, Diabolus recessit; in französischen alten Ur-

kunden auch D. brandorum oder burarum, weil ehemals in Frankreich an diesem Tage die Christen einen Fackelzug hielten).

Die Versuchung; Antitypus zum Sündenfalle im Paradiese; wie dort Schuld, so ist hier die Wiederherstellung begonnen: Jesus wird vom Teufel versucht; Matth. IV, 1—11.

II. Fastensonntag. Reminiscere. (Dom. in tricesima oder de transfiguratione).

Verklärung Christi; Antitypus zur Verstossung aus dem Paradiese; Hinweisung, was die Creatur geworden wäre, wenn im Gehorsam verharrend, — was sie seyn wird durch den Erlöser; Von der Verklärung Jesu; Matth. XVII, 1—9.

III. Fastensonntag. Oculi. (Dom. in vicesima; de carne levanda, de carne levario, ante carnes tollendas, weil an demselben zuletzt Fleischspeissen genossen wurden; auch de Daemon mutus).

Stellung der Welt in ihrem gefallenen Zustande zum Erlöser — das Satansreich; radicale Verkehrtheit der ursprünglichen Ordnung Gottes: Jesus treibt einen Teufel aus; Luc. XI, 14—28.

IV. Fastensonntag. Laetare. (Dom. de rosa, weil an diesem Tag der Papst die goldene Rose einsegnet; Brodsonntag wegen des Evangeliums; Todtensonntag, weil in manchen Gegenden Deutschlands Kinder eine Puppe, der Tod genannt, herumtragen und dann ins Wasser werfen).

Brodvermehrung — Typus der neuen Schöpfung und Wiederherstellung durch die Allmacht und Liebe des Gottmenschen; Hinweisung auf die Transsubstantiation der Eucharistie; (österliche Communion); Jesus speiset 5000 Mann; Joh. VI, 1—15.

An den folgenden Sonn- und Feiertagen bis zum weissen Sonntage enthalten die Lesestücke aus den Evangelien das Geschichtliche über Leiden, Sterben und Auferstehung des Erlösers in chronologischer Ordnung.

V. Fastensonntag; Passionssonntag. Judica. (Dom. mediana, weil er nach der Halbfastenwoche fällt; auch schwarzer Sonntag).

Die Juden wollten Jesum steinigen; Joh. VIII, 46—59.

VI. Fastensonntag; Palmsonntag. Domine ne longe.

Vom Einzuge Jesu in Jerusalem; Matth. XXI, 1—9.

Gründonnerstag. Feria V. in Coena Domini.

Von der Fusswaschung; Joh. XIII, 1—15.

Charfreitag. Feria VI. in Parasceve.

Leidensgeschichte Jesu; Joh. XVIII, 1—40; XIX, 1—42.

Charsamstag.

Magdalena u. Maria kamen zum Grabe; Matth. XXVIII, 1—7.

Ostersonntag. Pascha, Festum resurrectionis Christi, solemnitas solemnitatum, Anfang der Hebdomas diacoenesima; Dies azymorum; Dies magnus.

Von der Auferstehung Jesu. Marc. XVI, 1—7.

Ostermontag.

Die Jünger gingen nach Emaus; Luc. XXIV, 13—35.

I. Sonntag nach Ostern. Quasi modo geniti. Dominica in albis, *weisser Sonntag*, weil ehemals die Täuflinge an diesem Tage die seit dem Charsamstage getragenen weissen Kleider zum letztenmal trugen. (Clausum Pascha; Dom. in octava Paschae, Dom. nova oder missae, Octava infantium. Die Tage von Ostern bis hieher wurden auch Dies Neophytorum genannt).

Jesus kömmt bei verschlossenen Thüren. Joh. XX, 19—31.

II. Sonntag nach Ostern. Misericordia Domini. (Dom. post octavam Paschae; Antipascha, Dom. Mapparum).

Nachdem der Herr das Versöhnungsopfer durch seinen Tod vollendet und durch seine Auferstehung besiegelt hat, sagt er in einem Gleichnisse, wie er alle Menschen in seiner Kirche versammeln will: Vom guten Hirten; Joh. X, 12—16.

III. Sonntag nach Ostern. Jubilate. (Dom. de Modicum, Dom. Paralytici, secunda post clausum Pascha, post octavam Paschae).

Weg der Reinigung; Freude der Jünger über das Wiedersehen des Herrn: Ueber ein Kleines werdet ihr mich wiedersehen; Joh. XVI, 16—22.

IV. Sonntag nach Ostern. Cantate. (Dom. tertia post etc.). Weg der Erleuchtung, Verheissung des heil. Geistes: Ich gehe zu dem, der mich gesandt hat; Joh. XVI, 5—15.

kunden auch D. brandorum oder burarum, weil ehemals in Frankreich an diesem Tage die Christen einen Fackelzug hielten).

Die Versuchung; Antitypus zum Sündenfalle im Paradiese; wie dort Schuld, so ist hier die Wiederherstellung begonnen: Jesus wird vom Teufel versucht; Matth. IV, 1—11.

II. Fastensonntag. Reminiscere. (Dom. in tricesima oder de transfiguratione).

Verklärung Christi; Antitypus zur Verstossung aus dem Paradiese; Hinweisung, was die Creatur geworden wäre, wenn im Gehorsam verharrend, — was sie seyn wird durch den Erlöser; Von der Verklärung Jesu; Matth. XVII, 1—9.

III. Fastensonntag. Oculi. (Dom. in vicesima; de carne levanda, de carne levario, ante carnes tollendas, weil an demselben zuletzt Fleischspeissen genossen wurden; auch de Daemon mutus).

Stellung der Welt in ihrem gefallenen Zustande zum Erlöser — das Satansreich; radicale Verkehrtheit der ursprünglichen Ordnung Gottes: Jesus treibt einen Teufel aus; Luc. XI, 14—28.

IV. Fastensonntag. Laetare. (Dom. de rosa, weil an diesem Tag der Papst die goldene Rose einsegnet; Brodsonntag wegen des Evangeliums; Todtensonntag, weil in manchen Gegenden Deutschlands Kinder eine Puppe, der Tod genannt, herumtragen und dann ins Wasser werfen).

Brodvermehrung — Typus der neuen Schöpfung und Wiederherstellung durch die Allmacht und Liebe des Gottmenschen; Hinweisung auf die Transsubstantiation der Eucharistie; (österliche Communion); Jesus speiset 5000 Mann; Joh. VI, 1—15.

An den folgenden Sonn- und Feiertagen bis zum weissen Sonntage enthalten die Lesestücke aus den Evangelien das Geschichtliche über Leiden, Sterben und Auferstehung des Erlösers in chronologischer Ordnung.

V. Fastensonntag; Passionssonntag. Judica. (Dom. mediana, weil er nach der Halbfastenwoche fällt; auch schwarzer Sonntag).

Die Juden wollten Jesum steinigen; Joh. VIII, 46—59.

VI. Fastensonntag; Palmsonntag. Domine ne longe.

Vom Einzuge Jesu in Jerusalem; Matth. XXI, 1—9.

Gründonnerstag. Feria V. in Coena Domini.

Von der Fusswaschung; Joh. XIII, 1—15.

Charfreitag. Feria VI. in Parasceve.

Leidensgeschichte Jesu; Joh. XVIII, 1—40; XIX, 1—42.

Charsamstag.

Magdalena u. Maria kamen zum Grabe; Matth. XXVIII, 1—7.

Ostersonntag. Pascha, Festum resurrectionis Christi, solemnitas solemnitatum, Anfang der Hebdomas diacoenesima; Dies azymorum; Dies magnus.

Von der Auferstehung Jesu. Marc. XVI, 1—7.

Ostermontag.

Die Jünger gingen nach Emaus; Luc. XXIV, 13—35.

I. Sonntag nach Ostern. Quasi modo geniti. Dominica in albis, *weisser Sonntag,* weil ehemals die Täuflinge an diesem Tage die seit dem Charsamstage getragenen weissen Kleider zum letztenmal trugen. (Clausum Pascha; Dom. in octava Paschae, Dom. nova oder missae, Octava infantium. Die Tage von Ostern bis hieher wurden auch Dies Neophytorum genannt).

Jesus kömmt bei verschlossenen Thüren. Joh. XX, 19—31.

II. Sonntag nach Ostern. Misericordia Domini. (Dom. post octavam Paschae; Antipascha, Dom. Mapparum).

Nachdem der Herr das Versöhnungsopfer durch seinen Tod vollendet und durch seine Auferstehung besiegelt hat, sagt er in einem Gleichnisse, wie er alle Menschen in seiner Kirche versammeln will: Vom guten Hirten; Joh. X, 12—16.

III. Sonntag nach Ostern. Jubilate. (Dom. de Modicum, Dom. Paralytici, secunda post clausum Pascha, post octavam Paschae).

Weg der Reinigung; Freude der Jünger über das Wiedersehen des Herrn: Ueber ein Kleines werdet ihr mich wiedersehen; Joh. XVI, 16—22.

IV. Sonntag nach Ostern. Cantate. (Dom. tertia post etc.). Weg der Erleuchtung, Verheissung des heil. Geistes: Ich gehe zu dem, der mich gesandt hat; Joh. XVI, 5—15.

V. Sonntag nach Ostern. Rogate. (Dom. de Vocem jucunditatis; Dom. ante Litanias oder coecinati, Festum Evangelismi, Dom. Rogationum). Anfang der Bittwoche, an deren Montag, Dienstag und Mittwoch die Kirche öffentliche Bittgänge anordnet.

Weg der Einigung, (in welchem „die Freude vollkommen" wird): Was ihr in meinem Namen bittet; Joh. XVI, 23—30.

Christi Himmelfahrt. Eines der ältesten Feste der Christenheit; wie vermuthet wird seit apostolischer Zeit gefeiert, zumal mit höchster Pracht (Illumination des Oelberges) in Jerusalem; ähnlich mit Lichter-Processionen auch im Abendlande; gegen Ende des 4. Jahrh. allgemein.

Geschichtliches: Von der Himmelfahrt Christi; Marc. XVI, 14—20.

VI. Sonntag nach Ostern. Exaudi. Dom. infra octavam ascensionis. (Dom. post ascens. Domini, de rosis, Pascha rosarum oder rosatum, weil ehemals der Gebrauch war, dass der Papst von einer Anhöhe Roms Rosen in der Form einer Taube herabliess, welches die Ankunft des heiligen Geistes andeuten sollte.)

Verheissung der Sendung des heil. Geistes wiederholt, Andeutung seiner Wirkungen in den Aposteln und deren weitern Schicksalen: Wenn der Tröster kommen wird; Joh. XV, 16—27 und XVI, 1—4.

d. Pfingstcyklus.

§. 106.

Der dritte Festkreis hat seinen Namen von den *Pfingsten* oder der Feier des verherrlichten Christus und der Ausgiessung des heil. Geistes. Das Wort Pfingsten ist von dem griechischen Worte Pentecoste d. h. fünfzig abzuleiten, weil dieses Fest um eben so viele Tage später als Ostern fällt. Im 5. Jahrh. war es deshalb allgemein üblich und blieb es bis in das 10. Jahrh., das Pfingstfest einfach Festum quinquagesimum und die Zeit von Ostern bis Pfingsten Quinquagesima Pascha zu nennen. Auch hiess es manchmal das Fest der sieben Wochen, weil diese in 50

Tagen enthalten sind. — Die schon frühzeitig aufgekommene Feier der Pfingsten wurde 305 auf der Kirchenversammlung zu Elvira in Spanien zur Regel gemacht; anfangs und noch im 5. Jahrh. feierte man nicht blos den 50, sondern alle 50 Tage nach Ostern durch tägliche Communion und Gebete. —

Zu diesem Cyklus gehört auch das im 10. Jahrh. entstandene und vom Papste *Johann XXII.* (1316—1334) allgemein angeordnete *Trinitatisfest*, dessen Wichtigkeit in der 2. Hälfte des 16. Jahrh. durch die Erscheinung der Antitrinitarier noch vergrössert wurde; seinen Schluss macht die Octave des *Frohnleichnamfestes*, das am Donnerstag nach dem Dreifaltigkeitsonntag gefeiert wird, vom Papste *Urban IV.* i. J. 1264 gestiftet und auf dem Concilium zu Vienne 1311 allgemein angeordnet worden ist.

§. 107.

Die Evangelium-Perikopen dieses Festkreises enthalten den Beschluss der Geschichte desjenigen, was Gott zur Erlösung des Menschengeschlechtes veranstaltet hat, und behandeln deshalb die Gründung der christlichen Kirche durch die Sendung des heiligen Geistes.

Pfingstsonntag. Dominica Pentecostes.

Ausdrücklich vom heiligen Geiste handelnde Stelle; andere Aeusserung Jesu über das Pfingstfest und dessen Folgen: Wer mich liebt, wird mein Wort halten; Joh. XIV, 23—31.

Pfingstmontag. Feria II. post Pentecostes.

Offenbarung der Liebe Gottes in der Sendung des Sohnes, Zweck dieser Sendung, Glauben an den Sohn; (worüber Jesus den Nicodemus belehrte, darüber predigte Petrus am Pfingstfeste): Gott hat die Welt so sehr geliebt; Joh. III, 16—21.

I. Sonntag nach Pfingsten. Dreifaltigkeitsonntag. (Dominica de Domine in tua; Dom. benedicta oder duplex; clausum Pentecostes.)

Volle Offenbarung des Mysteriums, Auftrag des Herrn an die Jünger zu taufen und das Christenthum zu ver-

künden: Mir ist alle Gewalt gegeben; Matth. XXVIII, 18—20.

Frohnleichnamsfest. Solemnitas corporis Jesu Christi.

Dogmatischer Aufschluss: Mein Fleisch ist wahrhaft eine Speise; Joh. VI, 56—59.

II. Sonntag nach Pfingsten. I. Sonntag nach Trinitatis; Sonntag in der Octave des Frohnleichnamsfestes. Factus est Dominus.

Parabel vom grossen Abendmahle, worunter zunächst die am Pfingstfeste gegründete Kirche Jesu zu verstehen ist, wovon aber auch eine passende Anwendung auf das heil. Sacrament gemacht werden kann: Vom grossen Abendmahle; Luc. XIV, 16—24.

c. Zweite Abtheilung des Kirchenjahres.

§. 108.

Dieser Zeitraum umfasst den Theil des Jahres, der zwischen der Frohnleichnamsoctave und dem Advent liegt. Er ist dem Nachdenken über die wichtigsten practischen Lehren des Christenthums gewidmet; die erste Abtheilung des Kirchenjahres will den Glauben, die zweite das Leben nach dem Glauben in uns bewirken und befestigen. — Die dermalige Bezeichnungsweise der bisher treffenden Sonntage war in ältern Zeiten nur bis zum 29. Junius gebräuchlich; von da angefangen hiessen sie Dominicae post Natale Apostolorum; vom 10. bis 29. August Dom. post Natale St. Laurentii, der nach dem 26. Sept. treffende Dom. post Natale St. Cypriani, und die übrigen Dom. post Angelis.

§. 109.

Sonntage nach Pfingsten.

III. Respice in me.

Das Heil der Seele überhaupt; Aufmunterung zur Busse, der Grundbedingung aller Heilswirkung, womit das Leben in Christo angefangen werden muss: Vom verlornen Schafe; Luc. XV, 1—10.

IV. Domine, illuminatio mea.

Die Arbeit am Seelenheile in Glaube und Demuth, in lebendiger Anerkenntniss unserer Sündhaftigkeit: Vom Fischzuge Petri; Luc. V, 1—11.

V. Exaudi Domine.

Die ächte Gerechtigkeit und Liebe im Gegensatze der unächten, bloss äussern und pharisäischen: Wenn ihr nicht gerechter seyd; Matth. V, 20—26.

VI. Dominus fortitudo.

Das Werk und die Macht der Liebe; auch Belehrung über den rechten gottgefälligen Gebrauch der Lebensmittel: Jesus speiset 4000 Mann; Marc. VIII, 1—9.

VII. Omnes gentes.

Die Warnung vor den Gefahren des Heils; Täuschungen durch andere und durch uns selbst: Von den falschen Propheten; Matth. VII, 15—23.

VIII. Suscepimus.

Die himmlischen und zeitlichen Güter und deren Verhältniss zu einander; bezüglich der letztern Gerechtigkeit im Erwerbe und weise Anwendung: Vom ungerechten Haushalter; Luc. XVI, 1—9.

IX. Ecce Dominus adjuvat.

Die Verstocktheit als Hinderniss der Gnade; Mitleiden mit der geistigen Noth des Nebenmenschen; Warnung der Sünder: Jesus weint über Jerusalem; Luc. XIX, 41—48.

X. Cum clamarem.

Der Hochmuth als Hinderniss der Gnade: Vom Pharisäer und Zöllner; Luc. XVIII, 9—14.

XI. Deus in loco sancto.

Die Liebe Gottes, Ursache aller Befreiung von der Sünde; Fluch der Sünde: Jesus heilt einen Taubstummen; Marc. VII, 31—37.

XII. Deus in adjutorium.

Die allumfassende Liebe Gottes — Musterbild der Nächstenliebe: Vom barmherzigen Samariter; Luc. X, 23—37.

XIII. Respice Domine.

Dank für die Liebe Gottes: Jesus heilt zehn Aussätzige; Luc. XVII, 11—19.

XIV. Protector noster.

Die göttliche Liebe als Vorsehung und das Vertrauen in diese: Niemand kann zwei Herren dienen; Matth. VI, 24—34.

XV. Inclina Domine.

Die göttliche Liebe als Tröstung und Hülfe — bis zur Macht über den Tod: Vom Jünglinge zu Naim; Luc. VII, 11—17.

XVI. Miserere mihi.

Die Sabbathfeier, Geist des neuen Gesetzes in den Pflichten gegen Gott: Jesus heilt einen Wassersüchtigen; Luc. XIV, 1—11.

XVII. Justus est Domine.

Geist des neuen Gesetzes in der Pflicht gegen den Nächsten: Vom grössten Gebote; Matth. XXII, 34—46.

XVIII. Da pacem.

Geist des neuen Gesetzes als Heil der Sünder; Sündenvergebung: Jesus heilt einen Gichtbrüchigen; Matth. IX, 1—18.

XIX. Salus populi.

Das sociale Moment im Christenthum; seine Idee: Die Gemeinschaft der Heiligen bei dem ewigen Vater: Von der königlichen Hochzeit; Matth. XXII, 1—14.

XX. Omnia quae fecisti.

Sociales Moment: Sorge der Herren für die Knechte, der Oberen für die Unterthanen: Von des Königs kranken Sohne; Joh. IV, 47—54.

XXI. In voluntate tua.

Sociales Moment: die Knechte unter sich, die Unterthanen, Gemeinden u. s. w.: — Von des Königs Rechnung; Matth. XVIII, 23—35.

XXII. Si iniquitates.

Sociales Moment: Kirche und Staat; — Vom Zinsgroschen; Matth. XXII, 15—22.

XXIII. *Dicit Dominus* 1.

Am Ende des Kirchenjahres Hinweis auf die letzten Dinge; Anschauung des Todes im Geiste des Christenthumes: Von des Obersten Tochter; Matth. IX, 18—26.

XXIV. *Dicit Dominus* 2.

Abschluss der Weltzeit, Weltgericht, Wiederkunft (Parousie) des Herrn, Verklärung der Kirche: Vom Gräuel der Verwüstung; Matth. XXIV, 15—28.

XXV. *Dicit Dominus* 3. (§. 103.).
Jesus heilt einen Aussätzigen; Matth. VIII, 1—13.
XXVI. *Dicit Dominus* 4.
Vom Schifflein Christi; Matth. VIII, 23—27.
XXVII. *Dicit Dominus* 5.
Vom guten Samen; Matth. XIII, 24—30.
XXVIII. *Dicit Dominus* 6.
Vom Senfkörnlein; Matth. XIII, 31—35.

f. Jährliche Anzahl der Sonntage.

§. 110.

Der Sonntage können in einem Jahre nicht weniger als 52 seyn, weil in $365 = (52 \times 7) + 1$ oder in $366 = (52 \times 7) + 2$ Tagen immer 52 Wochen enthalten sind. Es können aber auch 53 Sonntage im Jahre vorkommen, wenn nämlich der Sonntagbuchstabe in einem Gemeinjahre A oder in einem Schaltjahre BA ist. Im ersten Falle ist der 1. Januar und der 31. December, im andern Falle der 2. Januar und der 31. December ein Sonntag. Daher gibt es einen *Sonntag in der Octave des Christtages*, wenn dieses Fest nicht auf den Sonnabend oder Sonntag fällt; und einen *Sonntag zwischen Neujahr und Epiphania*, wenn ersteres auf einen der vier letzten Wochentage fällt.

Weil Ostern auf alle 35 Tage vom 22. März bis zum 25. April fallen kann, so treffen mehr oder weniger Sonntage vor Ostern und dann weniger oder mehr nach Pfingsten, und es müssen daher von den einen oder von den andern mehr oder weniger ausfallen. Man nennt daher die letzten fünf Sonntage nach Epiphania und die Sonntage nach Pfingsten, vom XXIII. angefangen, *wandernde* Sonntage, weil sie alternirend ausfallen und sich gegenseitig ergänzen, weshalb auch die vier *Adorate*-Sonntage mit den letzten vier *Dicit Dominus*-Sonntagen einerlei Epistel, Evangelien und Messgebete haben.

Ueberhaupt kommen von den Sonntagen nach Epiphania höchstens sechs und wenigstens einer im Jahre vor — gemäss der jetzigen Benennungsweise der Sonntage; denn in

dem Calendarium *Frontoni's* und in dem von *Georgius* herausgegebenen Evangeliarium kommen, dort zehn, hier eilf Sonntage nach Epiphania, und in andern ältern Schriften meistens mehr als sechs vor, weil dann die Sonntage der kirchlichen Trauer zum Theil hinzugezählt wurden. Der Sonntage nach Pfingsten dagegen sind höchstens 28 und wenigstens 23. Die gegenseitige Ergänzung geschieht in folgender Weise. Sind in einem Jahre der Sonntage nach Epiphania

1, so treffen D. in excelso;
2, „ „ D. in excelso, omnis Terra;
3, „ „ D. in excelso, omnis Terra, Adorate 1;
4, „ „ D. in excelso, omnis Terra, Adorate 1, 2;
5, „ „ D. in excelso, omnis Terra, Adorate 1, 2, 3;
6, „ „ D. in excelso, omnis Terra, Adorate 1, 2, 3, 4;

und sind der Sonntage nach Pfingsten

28, so treffen D. Dicit Dominus 1. 3. 4. 5. 6. 2;
27, „ „ D. Dicit Dominus 1. 4. 5. 6. 2;
26, „ „ D. Dicit Dominus 1. 5. 6. 2;
25, „ „ D. Dicit Dominus 1. 6. 2;
24, „ „ D. Dicit Dominus 1. 2;
23, „ „ D. Dicit Dominus 2;

wobei also, es mag die Anzahl der Sonntage nach Pfingsten was immer für einen der sechs Werthe haben, immer ein- und derselbe als der letzte genommen wird.

Alle hier nicht erwähnten Sonntage sind *stabil* und können niemals ausfallen, sondern bleiben in derselben Ordnung vor und nach Ostern und nach Pfingsten, nämlich die Sonntage der kirchlichen Trauer mit den sechs Sonntagen in der Fasten, die sechs Sonntage von Ostern bis Pfingsten, die ersten 22 Sonntage nach Pfingsten und die vier Adventsonntage.

g. Die übrigen Feste.

§. 111.

In der *zweiten* Hälfte des Kirchenjahres tritt, im Einklange mit den darin vorwaltenden Evangelien-Perikopen, die Reihe der Heiligenfeste noch mehr in den Vordergrund.

Die göttlichen Thaten zu unserer Erlösung und Heiligung sind in den vorausgehenden Festen des Herrn betrachtet und abgeschlossen worden. Das Leben der Heiligen ist das verwirklichte Evangelium, darum auch der ununterbrochene Beweis der Göttlichkeit und des Fortwirkens des Heilandes in seiner Kirche. Nicht minder aber soll das Tugendbeispiel der Heiligen zu einem christlichen Sinn und Wandel, zur treuen Erfüllung der göttlichen Gebote, zum ernstlichen Streben nach Heiligkeit anspornen und ermuntern. Dass die Kirche in der *ersten* Abtheilung ihres Jahres ebenfalls einzelne Feste von Heiligen (obwohl in foro nur wenige) begeht, bezweckt die Erweckung eines practisch lebendigen Glaubens nach dem Beispiele derselben.

§. 112.

Ausser den bisher vorgekommenen *beweglichen* Festen bestehen noch folgende:

Namen-Jesu-Fest am II. Sonntage nach Epiphania oder, wenn auf diesen Septuagesima fällt, am 28. Januar: Nachdem 8 Tage vollendet waren; Luc. II, 21.

Aschermittwoch: Die Schriftgelehrten und Pharisäer begehren von Jesu ein Zeichen; Matth. XII, 38—50.

Fest der sieben Schmerzen Mariae am Freitag vor dem Palmsonntag, in einigen Kirchen auch noch am dritten Sonntage im September: Bei dem Kreuze standen; Joh. XIX, 25—26.

Fest der Lanze und Nägel des Herrn am Freitage nach dem weissen Sonntage: Eilf Jünger gingen nach Galilaea; Matth. XXVIII, 16—20.

Schutzfest des heil. Joseph am Jubilate-Sonntag: Ein Engel erschien Joseph im Traume; Matth. I, 18—21.

Herz-Jesu-Fest am Freitag nach der Octave des Frohnleichnamfestes: Die Juden aber, damit die Körper am Sabbathe nicht am Kreuze blieben; Joh. XIX, 31—35.

Fest des heil. Joachim, Vaters der seligsten Jungfrau, am Sonntage nach Mariae Himmelfahrt (15. August): Vom Geschlechtsregister Jesu; Matth. I, 1—16.

Herz-Mariae-Fest am Sonntage in der Octave von

dem Calendarium *Frontoni's* und in dem von *Georgius* herausgegebenen Evangeliarium kommen, dort zehn, hier eilf Sonntage nach Epiphania, und in andern ältern Schriften meistens mehr als sechs vor, weil dann die Sonntage der kirchlichen Trauer zum Theil hinzugezählt wurden. Der Sonntage nach Pfingsten dagegen sind höchstens 28 und wenigstens 23. Die gegenseitige Ergänzung geschieht in folgender Weise. Sind in einem Jahre der Sonntage nach Epiphania

1, so treffen D. in excelso;
2, „ „ D. in excelso, omnis Terra;
3, „ „ D. in excelso, omnis Terra, Adorate 1;
4, „ „ D. in excelso, omnis Terra, Adorate 1, 2;
5, „ „ D. in excelso, omnis Terra, Adorate 1, 2, 3;
6, „ „ D. in excelso, omnis Terra, Adorate 1, 2, 3, 4;

und sind der Sonntage nach Pfingsten

28, so treffen D. Dicit Dominus 1. 3. 4. 5. 6. 2;
27, „ „ D. Dicit Dominus 1. 4. 5. 6. 2;
26, „ „ D. Dicit Dominus 1. 5. 6. 2;
25, „ „ D. Dicit Dominus 1. 6. 2;
24, „ „ D. Dicit Dominus 1. 2;
23, „ „ D. Dicit Dominus 2;

wobei also, es mag die Anzahl der Sonntage nach Pfingsten was immer für einen der sechs Werthe haben, immer einund derselbe als der letzte genommen wird.

Alle hier nicht erwähnten Sonntage sind *stabil* und können niemals ausfallen, sondern bleiben in derselben Ordnung vor und nach Ostern und nach Pfingsten, nämlich die Sonntage der kirchlichen Trauer mit den sechs Sonntagen in der Fasten, die sechs Sonntage von Ostern bis Pfingsten, die ersten 22 Sonntage nach Pfingsten und die vier Adventsonntage.

g. Die übrigen Feste.

§. 111.

In der *zweiten* Hälfte des Kirchenjahres tritt, im Einklange mit den darin vorwaltenden Evangelien-Perikopen, die Reihe der Heiligenfeste noch mehr in den Vordergrund.

Die göttlichen Thaten zu unserer Erlösung und Heiligung sind in den vorausgehenden Festen des Herrn betrachtet und abgeschlossen worden. Das Leben der Heiligen ist das verwirklichte Evangelium, darum auch der ununterbrochene Beweis der Göttlichkeit und des Fortwirkens des Heilandes in seiner Kirche. Nicht minder aber soll das Tugendbeispiel der Heiligen zu einem christlichen Sinn und Wandel, zur treuen Erfüllung der göttlichen Gebote, zum ernstlichen Streben nach Heiligkeit anspornen und ermuntern. Dass die Kirche in der *ersten* Abtheilung ihres Jahres ebenfalls einzelne Feste von Heiligen (obwohl in ferne nur wenige) begeht, bezweckt die Erweckung eines praktisch lebendigen Glaubens nach dem Beispiele derselben.

§. 112.

Ausser den bisher vorgekommenen *beweglichen* Festen bestehen noch folgende:

Namen-Jesu-Fest am II. Sonntage nach Epiphania oder, wenn auf diesen Septuagesima fällt, am 28. Januar: Nachdem 8 Tage vollendet waren; Luc. II, 21.

Aschermittwoch: Die Schriftgelehrten und Pharisäer begehren von Jesu ein Zeichen; Matth. XII, 38—50.

Fest der sieben Schmerzen Mariae am Freitag vor dem Palmsonntag, in einigen Kirchen auch noch am dritten Sonntage im September: Bei dem Kreuze standen; Joh. XIX, 25—26.

Fest der Lanze und Nägel des Herrn am Freitage nach dem weissen Sonntage: Eilf Jünger gingen nach Galiläa; Matth. XXVIII, 16—20.

Schutzfest des heil. Joseph am Jubilate-Sonntag: Ein Engel erschien Joseph im Traume; Matth. I, 18—21.

Herz-Jesu-Fest am Freitag nach der Octave des Frohnleichnamfestes: Die Juden aber, damit die Körper am Sabbathe nicht am Kreuze blieben; Joh. XIX, 31—35.

Fest des heil. Joachim, Vaters der seligsten Jungfrau, am Sonntage nach Mariae Himmelfahrt (15. August): Vom Geschlechtsregister Jesu; Matth. I, 1—16.

Herz-Mariae-Fest am Sonntage in der Octave von

Mariae Himmelfahrt: Als Jesus zu dem Volke sprach; Luc. XI, 27—28.

Schutzengelfest an dem Sonntage zwischen 29. August und 4. Sept., beide mitgezählt; in einigen Diöcesen unbeweglich am 2. October: Wenn ihr nicht werdet wie diese Kinder; Matth. XVIII, 1—19.

Mariä Namensfest am Sonntage nach Mariä Geburt (8. Sept.): Gabriel erscheint Marien; Luc. 1, 26—38.

Rosenkranzfest am ersten Sonntage im October: Als Jesus zu dem Volke sprach; Luc. XI, 27—28.

Schutzfest (Patrocinium) *Mariae* am 3. Sonntage des Novembers: Selig ist der Leib, der dich getragen; Luc. XI, 27—28.

§. 113.

Hier folgt nun ein Verzeichniss der grössern unbeweglichen Feste, von welchen diejenigen, welche zugleich Feiertage sind, ein * als besondere Bezeichnung haben.

December.

3. *Fest des heil. Franz Xaver:* Von den Kennzeichen derer, die an Jesum glauben; Marc. XVI, 15—18.

8. *Fest der Empfängniss Mariä*, zuerst eingeführt in England im 11. Jahrh., seit Papst *Clemens* (1700—1721) ein Hauptfest: Von dem Geschlechtsregister Jesu; Matth. I, 1—16.

21. *Fest des heil. Apostels Thomas*: Vom ungläubigen Thomas; Joh. XX, 24—29.

26. *Fest des heil. Stephan*, in der abendländischen Kirche seit 415, in der orientalischen viel früher; Christi Strafworte an die Juden wegen der Verfolgung und Tödtung ihrer Propheten und gottgesandten Männer: Jesus sprach zu den Schriftgelehrten und Pharisäern; Matth. XXIII, 34—39.

27. *Fest des heil. Apostel Johannes* (in alten Calendarien: Transitus seu Assumtio S. Joannis): Jesus sprach zu Petrus, folge mir nach; Joh. XXI, 19—25.

28. *Fest der unschuldigen Kinder*, einen der ältesten Feste: Der Engel erschien Joseph im Schlafe; Matth. II, 13—18.

Januar.

23. *Fest der Verlobung Mariä*: Der Engel erschien Joseph im Traume; Matth. I, 18—21.

25. *Fest der Bekehrung Pauli*; schon im 9. Jahrh. ein Festum chori: Sieh, wir haben alles verlassen; Matth. XIX, 27—29.

Februar.

2. *Mariä Lichtmesse*, hat den Namen von den Kerzen, welche an diesem Tage für das ganze Jahr geweiht und mit Anspielung auf die Worte des Simeon: „Ein Licht zu erleuchten die Heiden", in feierlicher Procession herumgetragen werden. Hiess ehemals auch Quadragesima, weil es vom 25. December um 40 Tage absteht. (Epipanti d. i. Occursus, Entgegenkommen; Candelatio, Festum Candelarum oder Luminum, Praesentatio Domini.) Wurde zuerst eingeführt zur Zeit des Concilium zu Chalcedon in der Mitte des 5. Jahrh. im Kirchensprengel von Jerusalem zum Gedächtnisse der Darbringung Christi im Tempel und der Reinigung Mariä, vielleicht an die Stelle des abgeschafften heidnischen Festes der Lupercalien; wurde eingeführt gegen 528 in Antiochien, unter *Justinian* in Konstantinopel, durch Papst *Gelasius* 494 in der römischen Kirche: Simeon im Tempel; Luc. II, 22—32.

24. *Fest des heil. Apostels Matthias*: Ich preise dich Vater; Matth. XI, 25—30.

März.

19. *Fest des heil. Joseph*: Der Engel erschien Joseph im Traume; Matth. I, 18—21.

25. *Verkündigung Mariä*. Fällt auf den 25. März der Charfreitag oder Charsamstag, so wird dieses Fest auf den Montag nach dem weissen Sonntag verlegt. Ueberhaupt soll es neun Monate vor dem 25. Dec. zu stehen kommen, wurde aber dessen ungeachtet anfangs am 18. Dec. gefeiert und erst im 11. Jahrh. auf seinen jetzigen Platz gestellt: Gabriel erscheint Marien; Luc. I, 26—38.

Junius.

24. *Fest des Johannes des Täufers*: Elisabeth gebar einen Sohn; Luc. I, 57—68.

29. *Fest der heil. Apostel Peter und Paul;* schon zur Zeit
* *Constantin d. Gr.* gefeiert: Für wen halten die Leute den Menschen-Sohn; Matth. XVI, 13—19.

Julius.

2. *Mariä Heimsuchung.* Dieses Fest scheint in der Mitte des 13. Jahrh. in Frankreich entstanden zu seyn: Maria geht über das Gebirge; Luc. I, 39—47.

August.

15. *Mariä Himmelfahrt.* (Pausatio oder Dormitio, Assumtio
* B. Mariae; Festum herbarum); seit dem Papste *Damasus* (366 bis 384): Martha nahm Jesum auf; Luc. X, 38—42.

September.

8. *Mariä Geburt;* im Orient gleich nach Beendigung des
* allgemeinen Conciliums zu Ephesus (431) eingeführt; im 7. Jahrh. schon weiter verbreitet; ein allgemeiner Feiertag nicht vor dem 11. oder 12. Jahrh.: Von dem Geschlechtsregister Jesu; Matth. 1, 1—16.

October.

24. *Fest des Erzengels Raphael;* in manchen Kirchen am Jubilate-Sonntag: Vom Teiche Bethsaida; Joh. V, 1—4.

November.

1. *Allerheiligen-Fest.* Die Einweihung des Pantheons in Rom
* zu einer christlichen Kirche (Sancta Maria ad Martyres), unter deren Hauptaltar Papst *Bonifacius* IV. (reg. 608—615) die auf 28 Wagen aus den Katakomben herbeigeführten Märtyrer-Gebeine besetzen liess, veranlasste die Stiftung des nachmals vom 13. Mai auf den 1. Nov. verlegten und in der ganzen katholischen Christenheit eingeführten Allerheiligen-Festes, dessen Evangelium-Perikope die Freuden des Himmels zur Betrachtung bringt: Bergpredigt Jesu; Matth. V, 1—12.

2. *Allerseelen-Fest* (Animarum dies, Commemoratio fidelium); wenn der 2. November ein Sonntag ist, so wird es auf den 3. Nov. verlegt. Fürbitte für die Todten: Von der Auferstehung der Todten; Joh. V, 25—29.

21. *Fest der Opferung Mariä:* Selig ist der Leib, der dich getragen hat; Luc. XI, 27—28.

25. *Fest der heil. Katharina:* Von den zehn Jungfrauen; Matth. XXV, 1—13.

30. *Fest des heil. Andreas:* Jesus beruft Petrus und Andreas; Matth. IV, 18—20.

Die übrigen unbeweglichen Namenstage zeigt jeder Kalender.

§. 114.

In den ältesten Zeiten der Kirche herrschte durchaus keine Uebereinstimmung in der Beobachtung der *Fasten;* im Ganzen aber war man der Ansicht, dass man wöchentlich am Mittwoch, weil an diesem Tage die Juden den Mordanschlag auf Jesu Leben gefasst hatten, und am Freitag, weil an diesem Tage Jesus gekreuzigt worden, dann noch jährlich in der Zeit vor Ostern fasten müsse. Diese Tage hiessen als Fasttage Stationes, dies stationarii, Jejunia quartae et sextae (feriae). Ausserdem wurden von den Bischöfen noch ausserordentliche Fasten angeordnet. Dagegen war das Fasten am Sonnabend in der ersten christlichen Kirche verboten, und erst seit dem Ende des 3. Jahrh. entstand im Abendlande, besonders in Rom, die später von Provinzialsynoden und *Innocenz I.* (402—417) sanctionirte Sitte, am Sonnabend statt am Mittwoch zu fasten. Als aber in der römischen Kirche im 8. Jahrh. der Sabbath der Maria gebräuchlich wurde, bestimmte man den Freitag zum wöchentlichen Fasttag. Ueberhaupt aber fanden von jeher drei grosse Fasten statt: in den 40 Tagen vor dem Charfreitag, wofür *Gregor d. Gr.* (um 600) den Aschermittwoch als Anfang festsetzte; von Pfingsten bis Johannes und von Martini bis Weihnachten. Ausserdem fastete man an den Vorabenden (*Vigilien*) hoher Feste und am Mittwoch, Freitag und Sonnabend jeder Quatemberwoche (Jejunia quatuor tempestatum). Hierbei ist auffällig, dass das Vorbereitungsfasten für Ostern in den Quadragesimalkreis selbst fällt, und dass der Charfreitag zugleich ein Fest- und Fasttag ist.

Dermal verordnet die Kirche das Fasten an sämmtlichen Freitagen des Jahres, dann noch am Aschermittwoch, den drei letzten Tagen der Charwoche, am Montag, Dienstag und Mittwoch in der Bittwoche, und an den *Quatember-* oder Quartals-Ferien (Feriae ad Angelum, Dies sancti),

d. i. am Mittwoch, Freitag und Sonnabend in der 3. Adventwoche, also zwischen dem 14. und 20. December, in der ersten Quadragesimalfasten-Woche, in der Pfingstwoche und zunächst nach der Kreuzerhöhung, also zwischen dem 15. und 21. September. Ist der 13. December und der 14. September ein Mittwoch, so sind die diesen Tagen folgenden Mittwoche die Quatember-Mittwoche. Dazu kommen die Vigilien, insbesondere der Tag vor dem Pfingstsonntage, vor Peter und Paul (28. Juni), vor Mariä Himmelfahrt (14. August), vor Allerheiligen (31. October), vor Mariä Empfängniss (7. Decbr.) und vor Weihnachten (24. Decbr.). Fällt eine dieser Vigilien auf einen Sonntag, so wird der Fasttag auf den vorhergehenden Sonnabend verlegt, wenn auch dieser ein Festtag ist.

§. 115.

Zum Schlusse dieses Abschnittes folgt hier eine Uebersicht der vorzüglichsten beweglichen Festtage für alle möglichen Ostern. Natürlich hängen diese Tage insgesammt von dem Datum des Osterfestes ab, das, einmal gefunden, eben so gut für ein Gemein-, als auch für ein Schaltjahr die Grundlage der übrigen Feste ist. Da aber von diesem Datum zum Theil rückwärts gezählt und dabei der Februar zu 28 Tagen angenommen worden ist, so muss in einem Schaltjahre der Aschermittwoch, so oft er in den Februar trifft, und der Septuagesimä-Sonntag um einen Tag später als in der Tabelle genommen werden.

Ostern.	Septuagesima.	Aschermittw.	Himmelfahrt.	Pfingsten.	Frohnleichnam	I. Advent - ☉	☉ nach Epiph.	☉ nach Pfingst.
Mz. 22.	Jan. 18.	Febr. 4.	Apr. 30.	Mai 10.	Mai 21.	Nov. 29.	1	28
23.	19.	5.	Mai 1.	11.	22.	30.	1	28
24.	20.	6.	2.	12.	23.	Dec. 1.	1	28
25.	21.	7.	3.	13.	24.	2.	2	28
26.	22.	8.	4.	14.	25.	3.	2	28
27.	23.	9.	5.	15.	26.	Nov. 27.	2	27
28.	24.	10.	6.	16.	27.	28.	2	27
29.	25.	11.	7.	17.	28.	29.	2	27
30.	26.	12.	8.	18.	29.	30.	2	27
31.	27.	13.	9.	19.	30.	Dec. 1.	2	27
Apr. 1.	28.	14.	10.	20.	31.	2.	3	27
2.	29.	15.	11.	21.	Juni 1.	3.	3	27
3.	30.	16.	12.	22.	2.	Nov. 27.	3	26
4.	31.	17.	13.	23.	3.	28.	3	26
5.	Febr. 1.	18.	14.	24.	4.	29.	3	26
6.	2.	19.	15.	25.	5.	30.	3	26
7.	3.	20.	16.	26.	6.	Dec. 1.	3	26
8.	4.	21.	17.	27.	7.	2.	4	26
9.	5.	22.	18.	28.	8.	3.	4	26
10.	6.	23.	19.	29.	9.	Nov. 27.	4	25
11.	7.	24.	20.	30.	10.	28.	4	25
12.	8.	25.	21.	31.	11.	29.	4	25
13.	9.	26.	22.	Juni 1.	12.	30.	4	25
14.	10.	27.	23.	2.	13.	Dec. 1.	4	25
15.	11.	28.	24.	3.	14.	2.	5	25
16.	12.	März 1.	25.	4.	15.	3.	5	25
17.	13.	2.	26.	5.	16.	Nov. 27.	5	24
18.	14.	3.	27.	6.	17.	28.	5	24
19.	15.	4.	28.	7.	18.	29.	5	24
20.	16.	5.	29.	8.	19.	30.	5	24
21.	17.	6.	30.	9.	20.	Dec. 1.	5	24
22.	18.	7.	31.	10.	21.	2.	6	24
23.	19.	8.	Juni 1.	11.	22.	3.	6	24
24.	20.	9.	2.	12.	23.	Nov. 27.	6	23
25.	21.	10.	3.	13.	24.	28.	6	23

III. Festrechnung der Protestanten.

§. 116.

Diese Festrechnung ist in der Hauptsache diejenige der Katholiken. Abweichungen finden zunächst statt in der Bezeichnungsweise eines Theiles der Sonntage und in deren Leseabschnitten, welche Differenzen hier unten aufgezählt werden, wobei jedoch nur die für die Protestanten in Oestreich und Bayern geltenden Perikopen ins Auge gefasst werden.

I. Adventsonntag.

Hindeutung, dem Volke ähnlich zu werden, welches den Einzug Jesu in Jerusalem so festlich begangen: Vom Einzuge Jesu in Jerusalem; Matth. XXI, 1—9.

II. Adventsonntag.

Es werden Zeichen geschehen; Luc. XXI, 25—33.

III. Adventsonntag.

Als Johannes im Gefängnisse war; Matth. XI, 1—10.

IV. Adventsonntag.

Die Juden sandten Priester und Leviten zu Johannes; Joh. I, 19—28.

Weihnachtfest.

Es ging ein Gebot vom Kaiser Augustus aus; Luc. II, 1—14.

Sonntag zwischen Neujahr und Erscheinung Christi.

Von der Flucht nach Aegypten; Matth. II, 13—23.

II. Sonntag nach Erscheinung Christi.

Von der Hochzeit zu Canä; Joh. II, 1—11.

VI. Sonntag nach Erscheinung Christi.

Jesus zeigt sich auch als Gottes Sohn durch seine göttliche Verklärung: Von der Verklärung Jesu; Matth. XVII, 1—9.

Die Sonntage der kirchlichen Trauer heissen hier Septuagesimä, Sexagesimä, Quinquagesimä, Quadragesimä oder Invocavit, Reminiscere, Oculi, Laetare, Judica und Palmsonntag. Die abweichende Perikope ist hier am

Sonntag Reminiscere.

Jesus zerstört durch seine Macht als Gottes-Sohn die Werke des Teufels, das Verderben und Elend: Vom cananäischen Weibe; Matth. XV, 21—28.

Die übrigen Sonntage des Osterkreises werden in derselben Weise gezählt und benannt, wie von den Katholiken es dermal geschieht; im Pfingstcyklus werden die Sonntage nicht nach Pfingsten, sondern nach Trinitatis gezählt. Abweichende Perikopen sind:

Trinitatis-Sonntag.

Vom Nicodemus; Joh. III, 1—15. Diese von der Wiedergeburt handelnde Perikope stammt aus der ältern Zeit her, und hätte wohl einer passendern Platz machen können, wenn man sie nicht zur zweiten Abtheilung des Kirchenjahres rechnen will, wo sie dann lehrt, dass nicht die gewöhnliche Verstandesbildung, sondern nur wahre Frömmigkeit für das Reich Gottes genüge.

Sonntage nach Trinitatis.

I. Nicht der Reichthum, sondern Erduldung der Leiden führt zu Gott: Vom reichen Manne; Luc. XVI, 19—31.
II. Vom grossen Abendmahle; Luc. XIV, 12—24.
III. Vom verlornen Schafe; Luc. XV, 1—10.
IV. Seyd barmherzig, wie euer Vater; Luc. VI, 36—42.
V. Vom reichen Fischzuge; Luc. V, 1—11.
VI. Wenn ihr nicht gerechter seyd; Matth. V, 20—26.
VII. Jesus speiset 4000 Mann; Marc. VIII, 1—9.
VIII. Von den falschen Propheten; Matth. VII, 15—23.
IX. Vom ungerechten Haushälter; Luc. XVI, 1—9.
X. Jesus weint über Jerusalem; Luc. XIX, 41—48.
XI. Vom Pharisäer und Zöllner: Luc. XVIII, 9—14.
XII. Jesus heilt einen Taubstummen; Marc. VII, 31—37.
XIII. Vom barmherzigen Samaritan; Luc. X, 23—37.
XIV. Jesus heilt zehn Aussätzige; Luc. XVII, 11—29.
XV. Niemand kann zwei Herren dienen; Matth. VI, 24—34.
XVI. Vom Jünglinge zu Naim; Luc. VII, 11—17.
XVII. Jesus heilt einen Wassersüchtigen; Luc. XIV, 1—11.
XVIII. Vom grössten Gebote; Matth. XXII, 34—46.
XIX. Jesus heilt einen Gichtbrüchigen; Matth. IX, 1—8.
XX. Von der königlichen Hochzeit; Matth. XXII, 1—14.
XXI. Von des Königs krankem Sohne; Joh. IV, 47—54.
XXII. Von des Königs Rechnung; Matth. XVIII, 23—35.
XXIII. Vom Zinsgroschen; Matth. XXII, 15—22.

XXIV. Von den Obersten Tenkter; Matth. IX, 18—26.
XXV. Vom Gräuel der Verwüstung; Matth. XXIV, 15—28.
XXVI. Wann der Menschen-Sohn kommen wird; Matth. XXV, 31—46.
XXVII. Von den zehn Jungfrauen; Matth. XXV, 1—13.

Die vorletzte Perikope, vom allgemeinen Gerichte handelnd, und die letzte, zur genauen Befolgung der göttlichen Gebote ermunternd, kommen bei den Katholiken nicht vor.

Wanderude Sonntage (§. 110.) haben die Protestanten nicht; sie nehmen die Sonntage nach Ostern und nach Trinitatis mit den dazu gehörigen Perikopen in der fortlaufenden Ordnung so weit, als das gegebene Jahr zulässt.

§. 117.

Von den im §. 112. genannten *beweglichen Festen* feiern die Protestanten keines; dagegen haben sie in Bayern ein *Erntefest* am ersten Sonntage des Octobers und in Bayern und Oestreich ein *Reformationsfest*, das dort am letzten Sonntage und hier am letzten Tage des Octobers gefeiert wird. Auch kommen hier und da Kirchweihfeste vor. Von den im §. 113. angeführten *unbeweglichen* Festen haben sie Allerheiligen, Stephan d. M., Neujahr, Mariä Reinigung, Peter und Paul, Mariä Himmelfahrt, und in Oestreich auch Mariä Verkündigung und Mariä Geburt. — Die Tage und Zeiten der Fasten kommen, wie sich von selbst versteht, hier nicht vor.

IV. Festrechnung der Griechen.

§. 118.

Die *beweglichen* Feste des russischen und griechischen Kalenders richten sich ebenfalls nach dem Osterfeste, das so wie im julianischen Kalender bestimmt wird, und beruhen nothwendigerweise auf den bisher erklärten Festkreisen. Die Sonntage insbesondere werden in der Hauptsache so wie dort gezählt und benennt; doch sind auch noch andere Gebräuche vorhanden. Es werden nämlich die Sonntage auch nach den Evangelisten eingetheilt, je nachdem in

einem bestimmten Zeitraume aus einem derselben vorzugsweise die Lesestücke genommen sind. In dieser Weise heissen die ersten 17 Sonntage nach Pfingsten der 1. 2.... *Sonntag des Matthäus*, die darauf folgenden bis zum 6. Sonntag vor Ostern exclus. die *Sonntage des Lucas*, die 6 Sonntage der Quadragesimalfasten die *Sonntage des Marcus* und die 6 Sonntage nach Ostern die *Sonntage des Johannes*. (In deutschen Büchern kömmt häufig vor, dass die Matthäus-Sonntage bis zum Freitage nach dem Feste der Kreuzerhöhung (24. Sept.) reichen, womit aber der griechische Kalender nicht übereinstimmt.) — Oder man bezeichnet die Sonntage zwischen dem 1. nach Epiphania bis Septuagesimä, beide mitgezählt, als den 29., 30.... Bis 34. *nach Pfingsten*, und diejenigen, welche vom ersten Sonntage nach Pfingsten bis zum 3. Sonntage vor Weihnachten, diese beiden mit eingerechnet, vorkommen, mit dem so weit als möglich fortlaufenden und höchstens 26 erreichenden Nummern. In dieser Zahlenreihe sind dann der Sonntag zwischen den Festen der Geburt und der Beschneidung Jesu, dann der Sonntag zwischen Neujahr und Epiphania, so wie der erste Sonntag nach Epiphania und die zwei letzten Sonntage vor Weihnachten nicht mitbegriffen.

§. 119.

Die letzte Zählungsweise leistet vorzugsweise Dienste bei der Anordnung der Perikopen und Kirchengebete nach Massgabe der grössern oder kleinern Anzahl der Sonntage nach Epiphania oder zwischen Pfingsten und Weihnachten. Man verfolgt nämlich die Sonntage nach Pfingsten bis zu dem zweiten Sonntage vor Weihnachten; von da werden, diesen mitgerechnet, fünf Sonntage eingeschaltet, deren letztes der 1. nach Epiphania ist. Dann geht man von dem ersten Fleisching-Sonntage (Sexagesimä) rückwärts, so dass man durch den 34., 33.... wieder bis auf den 1. Sonntag nach Epiphania kömmt. — Hier folgt eine Zusammenstellung der sonntägigen Lesestücke aus den Evangelien.

III. Adventsonntag; II. Sonntag vor Weihnachten; Sonntag der Urväter: Vom grossen Abendmahle; Luc. XIV, 16—24.

IV. Advent-Sonntag; I. Sonntag vor Weihnachten; Sonntag der heil. Väter: Vom Geschlechtsregister Jesu; Matth. I, 1—25.

Sonntag zwischen Weihnachten und Neujahr: Von der Flucht nach Aegypten; Matth. II, 13—23.

Sonntag zwischen Neujahr und Erscheinung Christi: Johannes in der Wüste; Marc. I, 1—8.

Sonntag nach Epiphania: Joseph verlässt Nazareth; Matth. IV, 12—17.

29. *Sonntag nach Pfingsten*: Jesus heilt zehn Aussätzige; Luc. XVII, 12—19.

30. *Sonntag nach Pfingsten:* Vom vornehmen Manne; Luc. XVIII, 18—27.

31. *Sonntag nach Pfingsten:* Vom Blinden zu Jericho; *Luc.* XVIII, 35—43.

32. *Sonntag nach Pfingsten:* Vom Zachäus; Luc. XIX, 1—10.

33. *Sonntag nach Pfingsten*: Mit diesem Sonntage, dem 10. vor Ostern, fängt das bis Ostern dauernde Triodium an, während welchem in den Kirchen die öffentlichen Gebete aus einem eigenen Kirchenbuche gelesen werden, das nur drei Gesänge enthält. Vom Zöllner und Pharisäer; Luc. XVIII, 10—14.

34. *Sonntag nach Pfingsten*, Septuagesima: Vom verlornen Sohne; Luc. XV, 11—32.

Sexagesimä, I. Faschings-Sonntag, *Κρεοφαγίας*, bei den Russen Möropust; Anfang der Butterwoche oder Fastnacht und das Ende der am 25. Decbr. begonnenen Zeit des Fleischessens. Vom letzten Gerichte; Matth. XXV, 31—46.

Quinquagesimä, II. Faschings-Sonntag, *Τυροφαγίας*, bei den Russen Süropust; Ende der Butterwoche oder der Fastnacht. Vom Fasten und Almosen; Matth. VI, 14—21.

Quadragesimä, I. Fastensonntag; Anfang der bis Ostern dauernden grossen Fasten. Vom Nathanael; Joh. I, 43—51.

II. Fastensonntag: Vom Gichtbrüchigen; Marc. II, 1—12.

III. Fastensonntag: Von der Nachfolge Christi; Marc. VIII, 34—39.

IV. Fastensonntag: Vom besessenen Stummen; Marc. IX, 17—31.

V. Fastensonntag: Von den Söhnen des Zebedäus; Marc. X, 32—45.

VI. Fastensonntag, Palmsonntag: bei den Russen Waji; der Anfang der Marterwoche, die russisch Strassnaja heisst: Mariens Fusssalbung; Joh. XII, 1—18.

Ostersonntag: Im Anfange war das Wort; Joh. I, 1—17.

Sonntage nach Ostern:

1. Vom ungläubigen Thomas; Joh. XX, 19—31.
2. Vom Joseph von Arimathäa; Marc. XV, 42—47.
3. Vom Kranken; Joh. V, 2—15.
4. Von der Samaritanerin; Joh. IV, 5—42.
5. Vom Blindgebornen; Joh. IX, 1—38.
6. Von der Verherrlichung Christi; Joh. XVII, 1—13.

Pfingstsonntag: Wer dürstet, der komme zu mir; Joh. VII, 37—52; VIII, 12.

Sonntage nach Pfingsten:

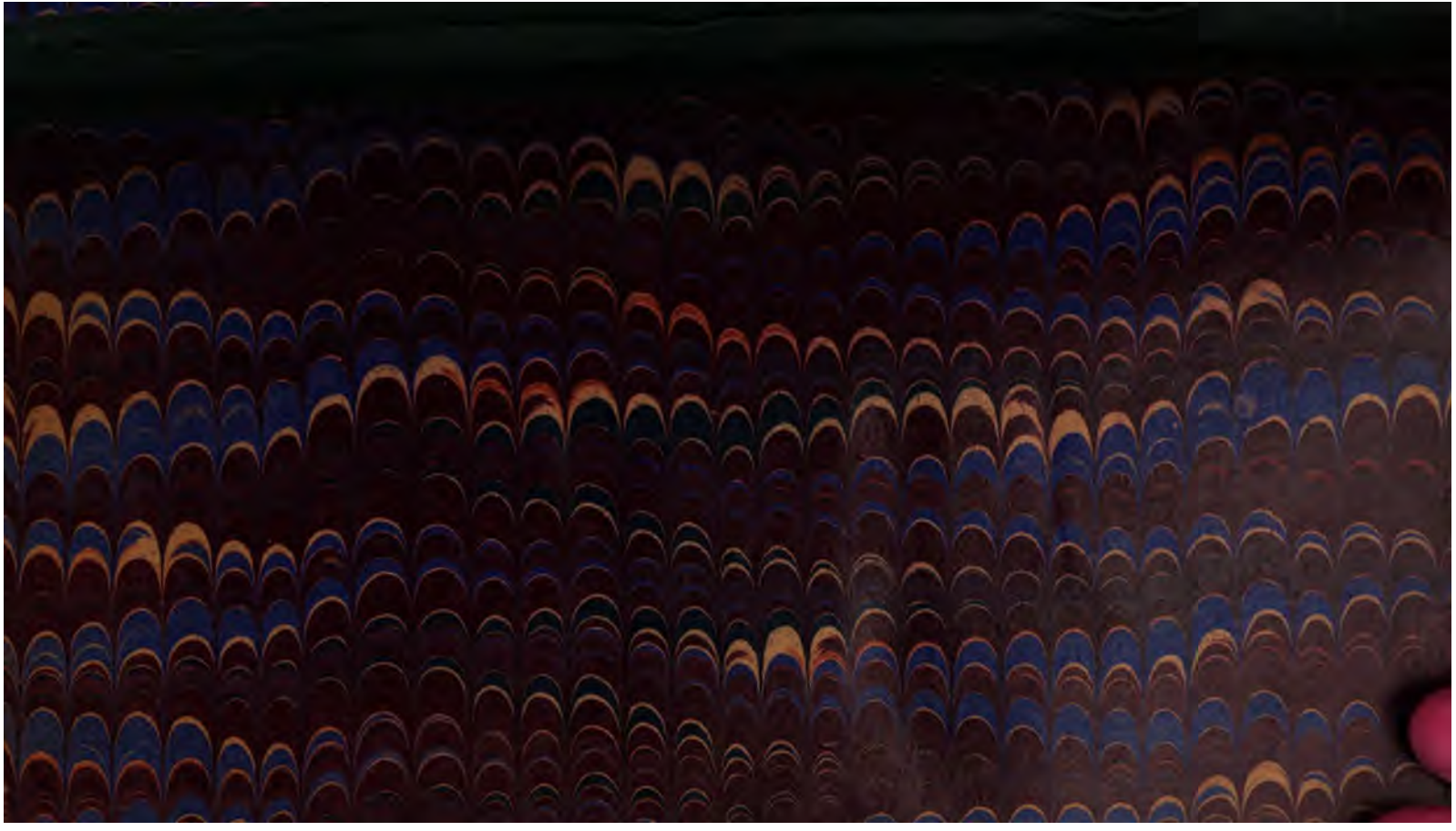
1. Wer Vater und Mutter mehr liebt; Matth. X, 32—38; XIX, 27—30.
2. Von den Fischern; Matth. IV, 18—23.
3. Niemand kann zwei Herren dienen; Matth. VI, 22—23.
4. Von des Hauptmanns Knechte; Matth. VIII, 5—13.
5. Vom besessenen Genesenen; Matth. VIII, 28 — IX, 1.
6. Vom Gichtbrüchigen; Matth. IX, 1—8.
7. Jesus heilt zwei Blinde; Matth. IX, 27—33.
8. Jesus speiset 2000 Mann; Matth. XIV, 14—22.
9. Vom ungestümen Meere; Matth. XIV, 22—34.
10. Vom Mondsüchtigen; Matth. XVII, 14—23.
11. Von des Königs Rechnung; Matth. XVIII, 25—35.
12. Vom reichen Jünglinge; Matth. XIX, 16—26.
13. Ein Haushalter pflanzt einen Weinberg; Matth. XXI, 33—42.
14. Von der königlichen Hochzeit; Matth. XXII, 2—14.
15. Vom grössten Gebote; Matth. XXII, 35—46.
16. Vom getreuen Knechte; Matth. XXV, 14—23.
17. Vom cananäischen Weibe; Matth. XV, 21—28.
18. Vom Fischzuge Petri; Luc. V, 1—11.
19. Von der Feindesliebe; Luc. VI, 31—36.
20. Von dem todten Jünglinge zu Naim; Luc. VII, 11—16.
21. Vom Säemann und Samen; Luc. VIII, 5—15.

22. Vom reichen und armen Manne; Luc. XVI, 19—31.
23. Jesus treibt Teufel aus; Luc. VIII, 26—39.
24. Von des Jairus Tochter; Luc. VIII, 40—55.
25. Vom barmherzigen Samaritan; Luc. XI, 25—37.
26. Von des reichen Mannes Früchten; Luc. XII, 16—21.
27. Jesus heilt am Sabbath: Luc. XIII, 10—17.
28. Vom grossen Abendmahle; Luc. XIV, 16—24.

§. 120.

Die andern *beweglichen* Feste des griechischen Kalenders, die alle zugleich Feiertage sind, heissen:

1. Aschermittwoch d. i. der Mittwoch nach Quinquagesimä;
2. Ostermontag;
3. Fest der Wasserweihe am 4. Mittwoch oder 24. Tag nach Ostern (d. i. am Mittwoch nach Jubilate);
4. Christi Himmelfahrt am 6. Donnerstag oder 39. Tage nach Ostern (d. i. am Donnerstag nach Rogate);
5. Pfingstmontag;
6. Allerheiligen am ersten Sonntage nach Pfingsten.

Die vorzüglichsten *unbeweglichen* Feste dieses Kalenders, die mit * bezeichneten zugleich Feiertage, sind:

December.	9.	Mariä Empfängniss. *
	25.	Geburt Christi. *
	26.	Mutter Gottes. *
	27.	Stephan d. M. *
	28.	2000 Märtyrer.
	29.	Unschuldige Kinder.
Januar.	6.	Erscheinung Christi. *
Februar.	2.	Reinigung Mariä. *
März.	1.	Eudoxia.
	6.	42 Märtyrer.
	9.	40 Märtyrer.
	17.	Alexius.
	25.	Mariae Verkündigung.
April.	23.	Georg.
Mai.	8.	Joannes Theologus.
Juni.	29.	Peter und Paul. *
August.	6.	Verklärung Christi. *
September.	8.	Mariä Geburt. *